



TITLE:

# 港湾技術の発展に関する方法論的研究( Dissertation\_全文 )

AUTHOR(S):

長尾, 義三

---

CITATION:

長尾, 義三. 港湾技術の発展に関する方法論的研究. 京都大学, 1961, 工学博士

ISSUE DATE:

1961-06-30

URL:

<https://doi.org/10.14989/216122>

RIGHT:

港湾技術の発展に関する  
方法論的研究

長 尾 義 三

## 目 次

序

緒 論 ..... 1

第 1 編 港湾技術の目的とその達成のための技術的手法 ..... 8

第 2 編 神戸港における本方法論の適用 ..... 175

結 論 ..... 484

参 考 文 献 ..... 497

## 序

本論文は港湾技術の発展に関する方法論的研究と題し、

### 緒 論

第 1 編 港湾技術の目的とその達成のための技術的手法

第 2 編 神戸港における本方法論の適用

### 結 論

よりなる。

港湾技術における各分野における工学的研究、もしくは一般技術論の中での港湾技術に関しての論議は、従来からも数多くなされている。しかしながら、筆者がこの15年、港湾技術を必要とする分野で、いろいろの問題を取り扱っている間に、今までの方法とは違つた考え方で処理する必要があるのではないかと感ずるようになり、土木学会講習会、雑誌港湾、港湾技術要報、土木学会誌を通じ、断片的に述べてきたが、本論文ではその体系化を試みたのである。緒論でまず、その疑問に思つてきた内容を詳述し、その疑問を解決するために第1編に主張するような方法論を提示したのである。この種の研究は、わが国でも始めてなされたものであり、本研究によつてようやくその端緒が得られたに過ぎない。

今後、さらに数多くの科学の力を導入して、より完全な学問体系への道が開かれなければならないと信ずる。それはこの学問を通じて港湾技術をダイナミックに発展させ得る方法論の一つになるものと確信するからにほかない。この種の研究が数多くなされる動機を与えることが、本論文の重要な目的の一つでもある。筆者がこのような方法論を確立し神戸港工事事務所での業務の中で、考察を試みた第2編の諸例は、1つ1つが施設計画へ



の新しい方法を示しているが、一貫した技術的な方法論で通約されているところに重要な意義がある。

逆にいえば、港湾技術を必要とする分野で個々の実際の問題の中から普遍的なこの種の方法論を確立して行くことが、今後に課せられた研究課題であり、その体系化に努力することが、有用な港湾技術を発展させる方向と思う。

本論文作成にあたり、恩師京都大学教授工学博士石原藤次郎先生に御示唆をいただき、かつ終始御懇篤な御教示を賜わつたことを記し、心からなる謝意を表するものである。

## 緒 論

「よりよい港湾をつくる」ということが、人間社会の問題として要請される。

この問題に真正面からぶつかる者が港湾技術者であり、そこに用いられる技術が港湾技術である。 有用な港湾技術を認識するには、まず人間社会の問題として要請されている「よりよい港湾」の概念を明らかにすることから始めねばならないであろう。

しかし、人間社会の理想とする、よりよい港湾のありうべき姿を観念的に論ずることが本論の趣旨ではない。 港湾の場を通じて、人間社会が何ものを獲得しようとしている現実の中に、港湾技術の適用の仕方を追求して行くことが本論の目的である。

このように、「よりよい港湾」またはそれをつくるために用いられる「港湾技術」の意味するものが従来の諸概念と若干異なっており、広く把握されていることに注意しておきたい。

しかし、このような考えかたは、第1編第1章§1以下で次第に明らかにされているとおり、多くの港湾技術者によつてすでに支持されており、また実践論の問題として港湾技術の発展を考えていこうとする場合、必然的にとらざるをえない立場である。

したがって、本論では人間社会の要請する港湾をつくるための港湾技術とは何かということが、実践論的な立場でまず説明される。

そこで強調されることは、従来からあいまいにされていた港湾技術の使われる目的についてである。

実際に多くの港湾技術者は人間社会の要請に応えるべく、「適正な港湾の

規模とその配置」を考え、「近代的埠頭」を計画し、「安いかつ安定した港湾構造物」を設計し、「能率のよい施工」を実施し、「最も合理的な埠頭」を経営し、社会の福祉に貢献しようとしている。

しかし「適正な.....」,「近代的.....」,「安い.....」,「安定した.....」,「能率のよい.....」,「最も合理的な.....」という言葉で表現されている事柄について、どれだけの知識を持ち合わせているだろうか。筆者はこの港湾技術者の当面する最も重要な行動の指標ともいべきこれらの概念を明らかにしていないことが、港湾技術の発展を遅らせ、人間社会の福祉増進に十分に役立たせていないのではないかという疑問をいだいたのである。このことは第1章の§2, §3, でさらに究明するが、ものをつくるという同じ生産の場でありながら、「利潤」を追求する「私企業」とは本質的に異なつて港湾技術が使用されることに、その一因があるようであるし、港湾をつくる歴史的過程の中にもその遠因を見出すことも可能である。

このことは東博士がすでにその著「港湾計画論」において指摘されていることでもある。<sup>1)</sup> すなわち、「従来港湾が絶対主義的な封建的支配機構のもとにあつては、与えられた計画として技術者のもとに問題として提起されてきた」とし、「このような場合にたち、このような態度で技術者が計画にぶつかるかぎりには、いままでの港湾計画が主に構造物の工学的検討の範囲にとどまり、その一步前の——この構造物を、この場所に、この規模に、いまなぜ作らねばならないか——この施設がどのように社会生活と結びついているのかを、科学的に追求されることはなかつたのは当然である」と述べている

したがつて、港湾技術を港湾技術者の実践論の問題として扱うときに明らかにしなければならない第一のことは、人間社会がなぜ港湾を要請するか、換言すればそれによつて人間社会が獲得しようとする利益とか福祉とかは一

体どんなものであるかを客観的立場で現実の問題の中から明瞭に把握し、「よりよい港湾」をつくる目的をはつきりさせることである。本論の第1編では「港湾をつくる」ということが生産の場であることに注目して、社会経済の中においてこれをとらえようと試みた。

目的をはつきりさせるということは、港湾技術の問題として考えるとき、定性的、定量的な問題として扱うということである。このためには、一定の基準を尺度として導入せざるをえない。第1編の第2章はこのことを取扱っているが、複雑な港湾の諸問題のすべてがこの一定の尺度で測られるものと主張するのではない。判断の立場がそれによつてつくられることを述べるものである。

ここに本論に示す方法論の限界があることを指摘しておきたい。

このように港湾技術の目的が明らかにされ、港湾技術者の立場が確立されたなら、港湾技術者は何をすべきかという次の問題を、目的との関連において定性的かつ定量的な問題としてあつかうことができるはずである。これは、港湾技術者の行動の指標をいかに定めるかという問題であり、「適正な」「安い」、「能率のよい」何かをつくろうとする港湾技術者の直接の行動の指標について論ずることである。

そして最適な行動、すなわちいろいろと取りうる目的達成への過程の中で最適な方法をいかに探し求めていくかという問題が第2の方法論として提起される。行動の指標については合目的性が強調され、方法の決定には科学的な合理性が強調される。

ここにいう科学は、物理学を基盤とした工学のみを意味しない。得られた行動の指標が确实迅速に把握されるために、あらゆる科学の知識が要請される。

実際に起きている港湾技術上の問題点を、いろいろな観点から分類し定義づけ、その処理の仕方を方法論の第2の構成部分として述べるのであるが、本論では前述したように、港湾の諸問題をすべてこの方法論によつて処理するものと主張するものでなく、またすべてを言いつくしたと主張するものでもない。方法論自体がまだ研究過程にあることのほかに、基礎となる科学部門がすべて完成しているわけでもないからである。しかし重要なことは、港湾技術の問題が相当広範囲の科学の分野の力を借りねばならなくなつてきていることである。

安く工事を施工するといつても、労務者の勤労意欲を考慮の対象にしなければ不可能であろう。この部門でも労働心理学、社会学といった分野がすでに必要となつてきている。同じように、さらに広い範囲の数学、物理学、化学などの理学部門、電気機械など他の工学部門を網羅する自然科学、前述した以外の人文科学も必要である。

このことは、港湾技術を発展させ、人間社会の真の有用な技術として役立たせるために、組織的な力が必要だという方法論の才るの問題を提起している。人工衛星もミサイルも、個人の発明、発見ではなしとげられない。そこに今次技術革新の共通の特徴があるようである。本論はそのような方法論の内容まで詳細に論じてはいない。それは行政上の問題であり、組織をつくつたり改良したりする港湾技術者の経営的な、指導的な問題であり、本論の言及範囲以外のこととした。

以上のように本論は表題において広範囲の問題を取り扱うことを表示しながら、基本的な問題にふれず、また方法論自体も、未完成であり、限界を有している。にもかかわらず次のような意義を有している。

すなわち、港湾技術者の実践的な立場で港湾技術を論じ、新しい角度から

その発展の方向を示していることである。従つて港湾技術のすべてをい  
つくしているのではないが、今までとは違つた面から港湾技術を眺め、部分  
的にもこれを明らかにし得たことである。

このことは、このような研究の態度が「港湾計画学」「港湾設計学」「港  
湾施工学」もしくは「港湾経営学」「港湾経済学」「港湾社会学」といつた  
科学を背景とする港湾技術の発展の可能性を否定するものでない。むしろ  
まだ確立されていないこれら学問の体系化促進に役立たせることができると  
思われることである。このことは逆ないい方をすれば、これら学問を背景  
とした諸技術は別な座標軸でこれを眺めたとき結局、港湾技術者が行動しよ  
うとするときの立場、その目標は何かということの科学的な追求であり、目  
的到達のための最適手段をいかに選択し、実践するかの問題を取り扱うこと  
となると主張するものである。次にいえることは、前にも述べたように港  
湾技術者の実践を問題にしていることである。

人間社会が港湾をつくることによつて何を求めているかを追求していくこ  
とはさらに進んで、どういふ港湾をつくれば人間社会が多くの福祉を得るで  
あろうかという問題を取り扱い、その実現に港湾技術技術者の行動の指標を  
向けようというものである。このことは有用な(Useful)港湾技術の創造の  
動機となるばかりでなく、港湾技術者をして受動的な技術者(Responsive  
engineer)から創造的な技術者(Creative engineer)へと導くことが  
可能である。港湾技術者は社会的にも、また港湾技術者自体も創造的な技  
術者であることが要請されている。そのような立場を明らかにするとき、  
本論文に示したような方法論は、たとえ内容において不完全であろうとも、  
提唱の価値はそこなわれるものでないし、このような研究はさらに多くの  
人によつて、組織的に取り扱われるべきものと思う。

## 第 1 編 目 次

才 1 章	港湾技術の基礎的な問題	8
§ 1	港湾技術の概念	8
§ 2	港湾技術の目的	16
§ 3	この種の研究の遅れている要因	20
§ 4	港湾技術者の立場	25
§ 5	目的達成のための最適手段の存在	22
§ 6	港湾技術の発展に関する方法論の提起	32
才 2 章	港湾技術の目的に関する方法論的考察	33
§ 1	目的を明らかにする一定の規準	38
§ 2	価値の時間的变化	46
§ 3	価値比較の基本的な方法	78
才 3 章	港湾技術上の問題とその処理方法	89
§ 1	港湾技術上の諸問題の分類と意義	89
§ 2	諸問題の処理方法	97
才 4 章	現象の定式化と問題のとらえ方	102
§ 1	現象の定式化と模型	102
§ 2	統計的手法と種々の推定法	105
§ 3	現象の分析と予測	108
§ 4	問題のとらえ方	119
才 5 章	最適方法選択の手法	121
§ 1	合目的性と定量的な行動目標の設定	121

§ 2	模型化とそのパターン	124
§ 3	才一種の基本模型	131
§ 4	才二種の基本模型	139
§ 5	基本模型における数学的パターン	145
§ 6	諸方法間の比較	148
§ 7	効率に関する問題	151
§ 8	極値を求める問題	155
§ 9	損益分岐点を求める問題	160
才 6 章	港湾技術の発展に関する方法論の展開	163
§ 1	概 説	163
§ 2	方法論展開の際の諸問題	164
§ 3	結 語	166



# 第 1 編 港湾技術の目的とその達成 のための技術的方法

## 第 1 章 港湾技術の基礎的な問題

### §1 港湾技術の概念

ここに方法論を提示し、「港湾技術」の発展を図ろうとするものであるから、まず本論にいう「港湾技術」とは何を示すものであるか明らかにしておく必要がある。

多くの港湾技術者の考えは、港湾技術は港湾社会の中に見出される技術現象の表われであり、一般技術論の範囲の外にでるものでないとするものである。<sup>2)</sup> 従つて人類社会が希求する理想的港湾社会への実現のために用いられる広汎な科学的手段が港湾技術であり、この技術の使用によつて人類社会の公益、または福祉の増進が得られるものとしている。また別な表現で、「よい港をつくるために、よい手段を見出して、これを用いながら、よい素材を発見し、これに対して働きかけることである」とも定義づけている。

またある港湾技術者は、このような港湾技術の定義づけは、それ自体、港湾技術者の人生観に影響を与え、技術者が行動する上の精神とか、信念とか、態度とかに大きく左右させることにはなるが、港湾技術者のよりよい行動にどれだけの指標を与えうるであろうかの疑問をいだいている。

これは観念論としての港湾技術論は、哲学上の問題としてそれ自体の意味を有するけれども、港湾技術者をして技術の発展を可能ならしめる行為の指導原理としては実際に役立たないことを意味するものであり、実践的な方法

論体系を求めることに意義を認めようとするものである。このような立場にたつて港湾技術の概念を明らかにしていこうと思えば、人類、社会が福祉を享受しようとする港湾とは何かということから問題を明らかにしていかなければならない。すなわち、われわれは「港湾をつくる」ということを純工学的な問題としてでなく、社会における港湾の地位から認識する。すなわちそれがただちに人間社会の繁栄を支配し、ひいては国運の盛衰にも影響する根本問題として取り扱わねばならないことを意識する。港湾技術者はこのような港湾の重要な使命を認識するとともに、自己の視野を拡大し、港湾を積極的に発展させ、能動的に社会に貢献することによつて存在意義が確立するし、また使われる港湾技術の人類；社会における有用性が認識されるとするのである。

観念論的な港湾技術の把握においても、さらに「人類、社会が希求する理想的港湾社会」とは何か、また「それによつて得られる公共の福祉とか利益」とは何を意味するのかを問題にし、「よりよい港湾をつくる」ということの実践的な意義、もしくは「よい手段」「よい素材の発見」を具体的な行動目標としてとらえることができるならば、実践論的な港湾技術の内容についてつきつぎに明らかにしていくことが可能となる。そこに先験的な定義づけがなくとも、港湾技術の領域においては他の技術とは違つた個有の問題も生じてくる。われわれにとつて必要なことはこういう過程であつて、「港湾技術について理想的なあり方」を想定し、その段階にまで高めていく方法論は取りえないとする。別ないい方をすれば、有用な港湾技術かどうかは次のように判定される。すなわち、「よりよい港湾をつくる」ために実際に用いられている港湾技術は果して人類、社会の希求する合目的性を十二分に有しているかどうか、また「よい手段」は人間的なまた社会的な問題を合目的に

処理するために十分な科学的保証を付与されて採用されているかどうかであり、そのことについて有能な港湾技術者は明解に答弁しうることが要求される。

以上述べたことを一層明らかにするため、港湾技術が実際にはどのように人間、社会の中で用いられ、どのような問題を含んでいるかを、簡単な事例をあげて考察してみることとする。「近代的な港湾施設をつくる」ということが、港湾技術者の問題として取りあげられることが多い。これは港湾技術を必要とする代表的な問題の一つである。

何故つくるか？ 今むずかしい議論は後にして、誰もが指摘することは、その施設をつくることによつてはばまれていた「輸送が可能」となり、「輸送費用が軽減」され、「物の生産費もしくは消費価格が安く」なることが直接に期待されるからつくるのである。もし「よい港湾施設」がつくられないとしたら、不合理な輸送形態を余儀なくされ、また不便な沖荷役に依存しなければならない。

このような輸送に関係する諸掛りが、今かりに通過貨物1屯当り3,000円がかつていたとする。それが「近代的な港湾施設をつくる」ことによつて2,000円ですむようになつたら、それだけ輸送費はやすく、また生産コストは切下げ可能となり、激烈なわが国の輸出競争にも弾力性を与えうることになる。このような理由から港湾施設の近代化が、人間・社会の問題として強く要請され、港湾技術者はその建設に努力を傾注する動機が得られる。そこに港湾技術が用いられるわけであるが、ここで「近代的港湾施設」について、その内容をさらに分析してみることとする。

今ある仮想の港湾において要請される一定量の貨物を取り扱うために、施設をつくることになつたとしよう。何人かの港湾技術者によつて取りあげ

られた近代化の方式は、次の五つに分類することができる。

才1は従来の施設に若干陸上設備の改良を行なつた程度である。従つて荷役はほとんど沖荷役である。

才2は防波堤を整備し、年中荷役ができるようにしたもので、棧橋を修築し接岸荷役を可能にする。

才3はさらに上屋・荷役機械を整備し、荷さばき・保管機能をもたせる。

才4は才3の方式よりもつと高能率の上屋・荷役機械を考慮する。

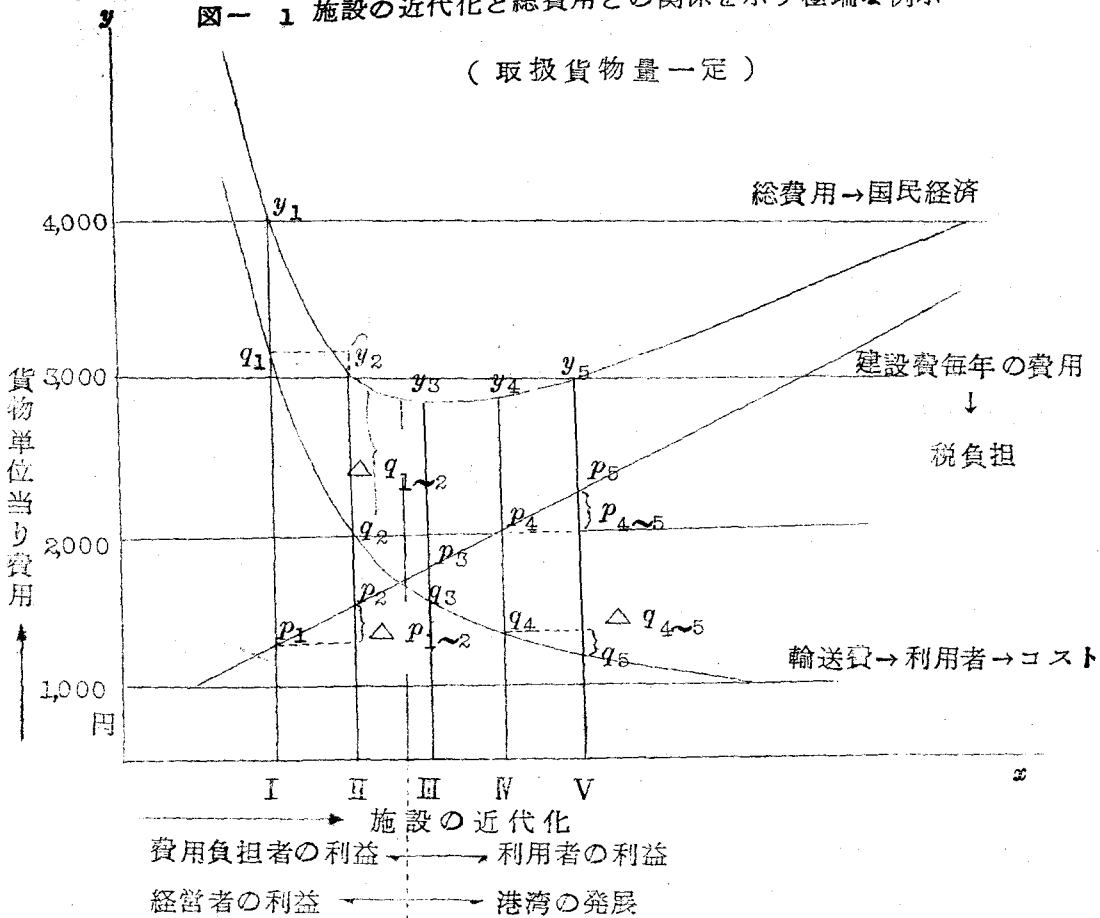
才5は船がいつきても、またどんな貨物がきても、接岸・機械荷役が可能のように、岸壁数を増し、荷役機械を増備する。

以上の各方式を備えるのに必要な建設費が積算され、ある一定の規準をもつて毎年等価の費用に換算され、これが通過貨物1屯当り建設費用として、図1-1のように示されたとする。

一方近代化の方式が進むにつれ、荷さばきの安全性・スピードの加味された港湾諸掛り費用が同じく一定の規準をもつて計算され、単位貨物当りの輸送費用として同図に掲記されている。すなわち、図1-1は施設の近代化が進むにつれ一般に港湾のサービスが上昇し、輸送費用は軽減していくが、建設費はだんだん高くなつていくという、極く常識的なことを示している。この港を利用する荷主は、施設の建設責任者である港湾技術者に対し才4～才5の方式で港湾をつくることを陳情し、あるいは政治的に誘導しようと試みる。直接費用を支出する大蔵省や市の財政当局者は、その利用者に少しでも費用を負担せしめようとし、才1～才2の方式でがまんするよう要請する。また同じ港湾の利用者でもある種の人々は、高度の近代化に対して反対的態度をとる。それはたとえば  $q_1$  から  $q_5$  までに低下する輸送費の過半量が彼等の事業の縮小、もしくは収益の減少を意味するものと思われるから

図一 1 施設の近代化と総費用との関係を示す極端な例示

(取扱貨物量一定)



例えば I : 沖荷役方式

II : 岸壁築造による接岸荷役化投資額  $\Delta p_{1\sim 2}$  に対して  
輸送費軽減額  $\Delta q_{1\sim 2}$  は5倍以上にもなる。

III : 上屋荷役機械の整備を加う,  $\Delta p_{2\sim 3} < \Delta q_{2\sim 3}$

IV : IIIよりもつと能率のよい機械整備を備う,

$$\Delta p_{3\sim 4} \approx \Delta q_{3\sim 4}$$

V : バース数を増加するなど, この場合は

$$\Delta p_{4\sim 5} > \Delta q_{4\sim 5}$$

企業様式による分類

I ~ II : 企業的な段階

II ~ III : 公共事業の一般的段階

III ~ IV : 公共事業の特殊の段階

IV ~ V : 不経済な投資

である。港湾施設の近代化が要請されているといつても、以上のように社会的に受け取られ方が違うということに注意しなければならない。また投資に対して得られる利益率( $\Delta p / \Delta q$ )との関係から2~3の特徴をあげることができる。

才1の方式から才2の方式に移ることによつて気付く才一の特徴は、投資 $\Delta p_{1\sim 2}$ に対して得られる輸送費の節約 $\Delta q_{1\sim 2}$ が極めて大きいこと、それは投下資本の何倍といった具合に把握される。逆に才3の方式から才4、才5の方式に移る過程においては、漸次、投資に較べて得られる便益が少なくなつていく。才5の方式のところでは、投下資本の程度にまで便益は得られないが、施設は高度化している。

才1の方式から才5の方式にまで近代化を進める過程の中で才2の特徴は、建設費の毎年費用を貨物単位当り費用に換算した $p$ と施設の近代化の各方式によつて得られる単位当り輸送費 $q$ との和が最小となる点があるように思えることである。このことから、社会経済に用いられている企業形態に関する用語を用いて、次のようにも説明できる。投下資本に対して得られる便益が大きいこと、その便益が明らかに収益として貨幣として受け取られる性質のものである場合は、企業的に成立し得る事業を意味する。この例では、輸送費の減少、生産コストの低下が、私企業として必要であり、それが企業的に成立し得るならば、私企業における生産施設の増強の問題と同じように、港湾をつくる問題も取り扱われる可能性を示している。もしそれが私企業の生産施設の一部として取り扱われることが社会的に許されないときは、公企業として「港湾がつくられる」。この場合、公益性が高く評価されるので、資本の償還は私企業の場合と異なり短期より長期の方が好ましい。

次に企業的には引き合うことが困難であるが、国民経済的には引き合うタ

タイプが考えられる。すなわち、誰かが投資し、誰かが利益する、というように考えれば引き合うという場合である。一般に公共事業と呼ばれる企業の形態はこのように考えられる。ここでは企業の採算性は追求されず、僅かに施設の使用料、手数料などが公共へのサービスの提供の代価として受け取られ、施設の維持、サービスの提供経費の一部にあてられる。この企業の趣旨は、このような小額の金銭の収支にあるのではなく、公共の福祉の増進という言葉で代表されているが、"国民の適当な費用負担のもとにおける大多数の国民の利益"を最大にすることに重点がおかれる。公共事業のまれなケースとして、どれだけ輸送費が軽減されるか、また荷役が円滑となつて、国民にどれだけ利益するかを問題にしないときがある。それは失業救済、景気対策としてなされるもので、"港湾施設をつくる"ケースではあるが、公経済の問題としてあつかわれる。

一口に「近代的な港湾施設をつくる」といつても、その含むパターンは以上のように複雑であり、港湾技術の適用の多様性は上述の例示によつても明らかである。

さらに港湾技術の性格は上述の事例から、次のようにも説明することができる。すなわち、2～3の例外を除いては、港湾技術が国家および社会の経済問題の一部としてわれわれの前に提起されていること、次に他の技術と同様に「何ものかをつくる」という生産の問題であり、その生産過程の各段階における判断が技術の重要な部分を形づくっていることである。誰が何のために何をいかようにつくるかが港湾技術の適用を一様にさせていないし、港湾技術者はまずこの判断の必要に迫られる。換言すれば、人間的・社会的の合目的性が港湾技術の使用を決定的ならしめており、その追求のために港湾技術者と称せられる人の間に合理的法則性が強く意識されねばならな

いのである。従つて港湾技術を港湾技術者の指導理念として意義づけようとするならば、われわれ港湾技術者は、人間・社会が港湾を通じて何を欲しているか求め、さらに進んで多大の福祉が得られるような港湾をつくる目標を、港湾技術者がみづからの問題としてまず取り上げねばならない。

そのためには、この事例でも明らかなように、われわれ港湾技術者はまず実践しようとする基本的な立場を明らかにし、目的を確認する必要があるということである。

しかして後に、その目的に到達するための手段が、生産の過程の次の段階として問題視される。この場合、人間的・社会的の合目的性および合理的法則性が真に意義ある実体的なものとして諸科学を基盤に常に実証されつつ、港湾技術者の最適行動として表わされねばならない。目的を「港湾をつくる」というすでに与えられた生産目標としてとらえず、「人間もしくは社会の要請する港湾をつくる」という形においてとらえたことは、この問題がすでに工学的分野のみで解決されないことを意味している。すなわち、社会・経済・政治といった人文科学を含めた総合科学の世界の中で、港湾技術が自由に創造されることを意味している。

むしろ港湾技術の発生は前述したように、物理的なものでなく、より人間的なもの、より社会的なものであり、港湾技術はこれを見捨てては存在しえないものと思われる。

もつとも港湾技術をこれらの問題と相対照させて観念する人もある。港湾をつくる目的は本質的には技術の問題でなく、他より与えられるものであるとするのである。しかしこのような論拠にたつても、それらを離れて港湾技術を単独に理解することは困難である。<sup>3)</sup>

技術を (technics) という概念で規定しようとする多くの人の間では、



このような試みがなされているけれど、技術を人間社会における文化を向上させる有力な手段と見、諸科学の弁証法的止揚によつてその自立的発展を遂げさせることは、港湾の発展にとつても必要なことなのである。

## §2 港湾技術の目的

われわれは前節において、港湾技術というものを、港湾をつくることによつて人間社会の何らかの要請に応える手段とし、人間が用いるものとした。本節ではこの港湾技術が何のために用いられるかということについて考察したい。そのオ一の解答は多くの人によつて明らかにされていること、すなわち、純工学的なものである。風・波・流れ・地震などの自然条件から発生する波圧・風圧・土圧その他想定された荷重・自重などが外力条件として計算される。それらに対抗する構造物の強度、用いられる部材の内部応力が詳細に調べられ、適当な安全性の保証のもとに構造物が組み立てられる。工事用の施設・労役などがその組み立てを容易に安く確実ならしめるように、時間と空間の次元をもつて配置される「よりよい港湾施設をつくる」という意義は、与えられた物をつくるというように理解される。

評価は港湾技術者の努力が外力条件にどれだけ適応しているか、換言すれば効率（Efficiency）の問題としてなされる。所定の安全率を超えたものは不経済なものとして、安全率にみえないものは危険な構造物として、また各部材間のバランスを欠くものは、不経済であり、かつ不安定な無駄の多いものとして否定される。

しかし一つの港を改良するとき、年々浚渫して航路を維持した方がよいか、別に陸に泊地を掘り込んで年々浚渫する努力を省いた方がよいか、また大型

のパッチャプラントを持ち、小規模のミキサーによりコンクリートを練り立てるのをやめた方がよいか、さらにAの個所に港をつくるよりBの個所につくった方がよいか、というような問題に使われる港湾技術は、才1の解答では不十分である。才1の解答では、何故そこに岸壁をつくったのか、また13 mの水深を有する棧橋を採用し、重力式の12 m岸壁を選ばなかった理由は何か、何故そのような施工法をとったのか、1年で仕上げねばならないというのがその理由は何か、などといったことを説明することもできない。従つて「よりよい港湾をつくる」ために用いられる港湾技術の目的は、もう一つあるはずである。前節において詳述したように、私企業にあつて港湾技術が用いられるのは、一般に生産コストを下げて利益を増すために港湾施設をつくる場合であり、その目的を十二分に果すことが要求される。投下した資本に対して利益の得られる度合の多少によつて評価され、その割合が大きければ大きいほどよい。このような場合、一般にこの評価によつて港湾技術の使用の可能性は純工学的技術の目的の如何にかかわらず決定されるように見うけられる。

実際にそうであるが、以上に述べた港湾技術の二つの目的は互いに関連し、前節の終りに述べたように、片方が優先するかのごとく見られても切り離せないものである。しかし、私企業にあつては、「港湾をつくることが引き合うかどうか」がまず判定され、しかる後にもう一つの港湾技術の目的が追求されるのに反し、一般の港湾技術にあつては、「港湾の複雑性」のために必ずしも以上のように明瞭に区別されていない。その故に港湾技術者ですら、港湾技術の目的に関しては純工学的な意義についてはよく理解していても、他の目的についてはあいまいであり、従来の多くの例ではややもすると主観的であつた。

従つて社会的に港湾技術の主体性の有無が論議されるに至つている。その原因となつている「港湾の複雑性」は、港湾施設の整備供用ということが企業の中の問題としてではなく、不特定多数の人間・社会に直接つながっていること、すなわち公共性を有する港湾の問題が多くの港湾技術者の対象となつていることであると思われる。

長い人類の歴史において、願望充足の制約条件は物理的な問題であつた。しかし技術革新は次々とある種の物理的な問題を解決していきつつある。そして「技術的には可能であるが、国家経済の中であつてはどうか、また企業として成立するか、さらにその企業形態はどうか」というような問題が大きく取りあつかわれるようになってきている。この経済的な表現でなされたことを、港湾技術者の多くが共通にいただく公共性を有する港湾の問題として、取りあげていかねばならないのである。

国家経済・地方経済・国民経済のなかで大きな比率をしめている港湾諸掛りを低廉にするとともに、港湾荷役を迅速ならしめて、船舶、すなわち貨物および旅客をその港に吸引し、港湾取扱量の増大をはかることが、港湾における多くの問題である。この「港湾諸掛りの低廉化」および「港湾取扱量の増大」を、私企業における生産、換言すれば「原価の低廉化」および「生産量の増大」に相当するものと置き換えて観念するにしても、前節に述べたように、幾多の問題が存在する。すなわち、私企業における原価の低廉化への努力と公共性を有する港湾諸掛りの低廉化への努力とは、その目的が若干異なつている。前者の目的は直接には企業の利益の増大であり、後者のそれは公共の福祉増進という言葉で表明されているものである。ここで私どもは港湾技術の才2の目的とも目される「公共福祉の増進 (General Welfare)」という言葉の意味をもう少し明らかにする必要に迫られたわ

けである。

「公共の福祉増進ということに対して」、「大多数の利益のために」、「不特定多数の利益になるように」とか、「国民または地方民の利益を増加させるために」といつた表現がなされる。前節に述べたことをもう一度繰り返えそう。港湾技術者が近代的港湾施設をつくろうとすると、この費用に莫大な地元民の負担と国の財政支出が予定される。このとき、港湾技術者は無条件に「港湾諸掛りの低廉化」「港湾取扱貨物量の増大」をはかろうとせず、強い利用者の不満を押えても、ある程度の近代化方式に満足するはずである。

これは大蔵省とか港湾管理者の財政当局の抑制でそうするのでは決してない。このことは最終的に投下される資本の財源は税金であり、よしんばこのことのために国民の税金が追加徴収されることがなくても、この費用の支出によつて、他の事業、例えばダム建設・社会保障・教育などに要する費用が割愛されていることを暗黙にも認識するがためである。

従つて港湾施設は港湾の利用者のために建設されるのであるが、その利益のためだけでは決してなく、むしろ税負担者である国民への配慮が優先するのである。一般の企業にあつても無条件の「原価低廉化」「生産量の増大」を企図せず、株主の利益擁護を企業の目的としているのによく類似している。

例えば、港湾工事に使用される作業船の耐用年数は30年とされているが、いまだ10年しか経過していないとする。この場合、用役期間はいまだ十分あるが、型が古くこの船を廃棄して新しい新鋭の作業船を建造した方がよいように思えても、法定上もしくは予算上、また一体そうすることがいいことなのか悪いことなのか、分らないために放置している。また一寸変わった例であるが、ここにある都市を30年に1回程度襲来する高潮があるとする。

その都市はその高潮の被害を防禦する施設を現に有しているが、住民はさらに50年に1回程度襲来するかも知れない高潮の恐怖からも逃れたいとしており、別の施設を望んでいる。このような事例は港湾技術者の問題として常に起こる問題であり、最終的には政治的に、また政策決定者の行為として決定すべき事項であるが、技術的な解答を用意しなければならない重要な事項である。「近代的な港湾施設」、「能率のよい作業船」、「適正な規模の防潮堤」といつた港湾技術者の行為の指標となるこれらの言葉の中に含まれる「近代的な……」「能率のよい……」「適正な規模の……」と言つた表現の中には、以上述べた港湾技術の二つの目的がすでに包含されていることに注意しなければならない。ただし、ここで無意識的にか、また公共の福祉の増進という言葉のあいまいさから、才2の目的のもつ意味の重要性を、私企業に用いられている生産技術のように認めていない点を特に指摘しておきたい。何故こうした港湾技術の目的が重要視されないか、また重要視されておつても、港湾技術の才1の目的ほどに追求されることがなかつたか。このことを分析してみることは、本論に示す方法論を理解する上に欠くことのできない必要な次の過程であるように思われる。

### §3 この種の研究の遅れている要因

前節までの所論で明らかにされているように、われわれが扱っている問題は公共性を有する港湾、すなわち公共の福祉増進を目的とする港湾技術の諸行為を主として扱っている。私企業で港湾技術が用いられる場合は、一般の生産技術と同じように、利潤の追求、もしくは、採算性という明確な目標

が一応与えられていると見るからである。従つて、われわれの対象を今、港湾事業という言葉で表現することにし、利益を得ることを目的とする生産技術の諸行為に対応する私企業との比較において、何故港湾技術の才2の目的に関する研究が遅れてきたかを追求していくこととする。

- (1) 私企業においては、決定の責任者は利益の獲得が事業遂行の目的とされ、一定の規準によつて、行為の結果について良否の評価をなしうることが一般に認められている。

一方港湾事業にあつては、決定に対する直接の責任者においても、またこの決定に対する究極の責任を負う中央・地方の議会または一般国民によつても、このような一定の基準のあることが一般に認められておらず、提案されたこともない。従つて直接の責任者の決定はほとんど自己満足的なものであり、行き過ぎた近代化、遅れた港湾施設の増強に気付かない。また費用の負担者である一般国民は常に、無駄な事業が自分達の利益とは無関係に行なわれていると見、それを代表する議会の人人は、問題が起こると、ある種の事業に対して投資が重点的になされなかつたと事後的に批判するのみに終始する。それを客観的に評価することはおよそ困難である。

- (2) 私企業においては、統一的な利潤獲得という明瞭な目的到達への興味があり、個々の技術的問題の決定にあらゆる人の方向が一致する。これに対して港湾事業に参加する人達の間には、統一した目的が確認し合えないし、逆にしばしば利害が衝突することが多い。近代的港湾施設に対する港湾運送事業者の反対、新しい埠頭管理方式に対する倉庫業者の反対、1年間で仕上げた方がよいと思う港湾技術者の意図に対する大蔵省の財政的規制などである。このことは、私企業では容易であつた技

術上の諸問題の決定を多くの人達がほとんど直接的に支配するような形になり、統一した立場に実際に立ちにくいし、また統一した立場も明瞭に示しえないようである。

- (3) 私企業では、私企業の生産行為に対して、価格という形式で需要者が購入する。これによつて購買者が受ける利益は、その価格で定めた価値以上のものと評価される。これに対して港湾事業の受益者は、購入という形式を経ないで利益をうける。収益税・固定資産税はその利益とは全く無関係である。このことは、(2)で述べた港湾事業の決定に係する人人の多様性をますます大きくする。港湾事業の受益者は、その恩恵に対して価格という形で直接に支払うものでないという事情から、常識的にみて明らかに非経済的な事業でも遂行させようと港湾技術者に迫る。またこれに反対するだけの根拠を持つていないことが多い。また逆に常識的にみて価値ある経済的な事業の遂行が、有力な人人の強い妨害か受益者の消極的な態度から、意識的に遅らせられることがある。特に港湾事業を行なり目的は、港湾運送業者・倉庫業者または生産業者とかいう直接の受益者ではなく、その背後にいる一般国民を対象としている特異性は、この問題をより深刻なものにしている。

- (4) 港湾事業は公共事業の一環として、技術的にもまた科学的な基礎のもとに決定がなされるべき性格を有しながら、政治的情実が若干入る。予算獲得が政治を通じて大きく左右されている当然の反射作用として、事業の決定判断に入ることは、やむをえないこととされている。このことは(1)、(2)の結果として生じている。

- (5) 多くの公務員の在職期間が短く、不安定であることが、一貫した方針の実行に対する障害となる。港湾事業遂行の一定の基準がないことに

も関連する。

- (6) 港湾事業にたづさわる直接の関係者に、真の「よい港湾をつくる」港湾技術者が少ない。それらの関係者は、港湾建設技術者・倉庫技術者・船舶運営技術者・港湾を場とする徴税技術者・荷役技術者などに分科され、総合的な港湾技術者の立場は確立されていない。私企業にあつては、経営者によつて一貫した経営方針のもとに統合されている。
- (7) 公共事業において行なわれることに対する法的制限は、私企業において見うけられる法的制限よりも多くかつ厳格で、逐年その傾向は強化されていく。
- (8) 「港湾の複雑性」は港湾事業の各部門にわたつて普通化され、私企業に關すると同様な「それが引き合うかどうか」に対して完全な結論を引き出すことは、私企業における困難性以上のものを本質的に含んでいる。すなわち、§1 の図1-1に示したように、港湾事業を遂行する場合、考慮の対象となつた諸方法間の比較をなす場合にも、大多数の人人が得られる利益などに換算して、貨幣収支においてこれを明らかにしえない事項をかなり多く含む。港湾事業のあるものは、現在の公共の福祉増進を目標とせず、後進地域の開発という将来の事項、もしくは人命・船舶の安全保持のための防波堤・避難港の建設といった事柄をも含む。特に港湾の発展による地方の国民所得の全体の上昇というような利益の見積りは容易でない。
- (9) 港湾事業の資金調達に関する複雑性は、しばしば私企業資本の資金調達に関する複雑性よりも大きい。
- (10) ある人人の間で「私企業はその目的がはつきりしている。ところが不明瞭ではあるが、国家経済の見地からともかく行なわねばならないの



が公共事業の本質であつて、港湾事業もその一翼であることを免れない』といわれている。港湾事業が公企業として営まれるという例外を除いては、収支相償うべきことを原則とする経済的財貨の生産に関する事業ではなく、収支相償うことの予期されない精神的文化に関するものであるからとするのである。

このような要因の分析の結果、われわれは純工学的な面のみでなく、港湾技術の目的にもう一つの重要な側面のあることを認めながら、それを具体的に明らかにすることができないために、港湾技術の適用もあいまいであつたことを卒直に認めねばならないのである。しかし公共の福祉増進のために港湾技術者が行動しようとし、またその港湾技術を有用に使用しその発展をもはかろうと意識する限り、ただ観念論的に「よりよい港湾」を描いても、も早無駄であり、また根拠なく「能率的な……」「近代的な……」,「合理的な……」,「安い……」という港湾技術者の行動の指標をかかげても、その合理性合目的性の評価はなしえない。

ふたたびこの種の研究が遅れていた要因を一つ一つ振り返つてみよう。われわれはそこに「公共の福祉増進」,「大多数の国民の受ける利益」という言葉を評価しうる一定の何らかの基準をもつとともに、港湾事業を遂行する立場、すなわち港湾事業を遂行することに関係する人人の共通の立場を常に確認し合えることができたなら、(1)〜(10)の障害も次々に除去されるであろうし、よしんば完全に除去されなくとも、港湾技術者は明らかにされた一定の基準のもとで公共の福祉増進のための行動の指標をかかげることができるであろうし、港湾技術の適用も今より一層有用なものとなろう。また決定者による良否の判断も、その港湾技術

者の立場と目的にかかげた一定の基準を評価することによつて、客観的になすことができることとなろう。

#### §4 港湾技術者の立場

現行港湾法の才1条で、「港湾管理者の設立による港湾の開発・利用および管理の方法を定めることを目的とする」こととしたのは、この方法によつて港湾から公共の福祉増進が理想的な状態のもとで付与されると、国民が民主的にきめたことを示している。従つて港湾管理者・港湾技術者は法の明定するところに従つて、「公共の福祉増進」のために、自己の行為を決定しなければならないことはいうまでもない。

港湾事業の中における港湾技術は、港湾事業が公共の福祉増進という公共事業の一部として観念される限り、社会におけるすべての個人の集合体によつて、もつともよく満足されるような集団欲求を充足することを任務とする。港湾技術は個々の納税者の納める税金をもつて行なわれる港湾事業を対象としており、特定者に対して測定しうるような特殊の恩恵 (Benefit) を与えることを本旨としない。それは個々の納税者は、私企業における株主のように、その事業から直接恩恵をうけるものでなく、社会国家経済の繁栄の中で、利益を享受しようとするものである。

国が特定重要港湾・重要港湾あるいは避難港の指定を行なうがときは、全く地方納税者の利害とは直接無関係に行なわれている。諸外国がそうであるように、過去においてわが国が横浜・神戸・関門などを国の重要な港として国自ら修築し来たつたのも、このよい例である。現行港湾法では、これら港湾事業のうち大部分は港湾管理者によつて企業されるところとなつて

いるが、国がこれに共助する趣旨は、港湾を育成することが国にとつて重要であるからにほかならない。ある場合には輸入の基地という外国貿易上の必要から、ある場合には石炭・石油という国のエネルギー源の輸送確保のためという見地から、またある場合にはある後進地域に港湾を修築して工業を興隆させ、その地域の総合的な発展を企図する必要があるためであろう。

現行港湾法は、このような国の立場 — 行政機関としてでなく国民経済の立場 — は背面にかくれ、地方民の利害に関係ある港湾事業のみにふれている印象を与えていないでもない。しかしそれは港湾が地方にとつて重大な関係を有している公物である事実、従つて港湾を地方公共団体に帰属せしめ、最も関心を有する地方公共団体の活力ある運営力に依存する営造物として育成して行つた方が国全体のためにも有益であろうと、国民が現在決定しているからにほかならない。すなわち、最も身近かな地方公共団体が健全な自由競争によつて港湾をおのおの発達させた方が、最終的に人間社会の要請する公共の福祉増進への近道が得られるであろうと予想したものである。地方公共団体がこの趣旨にそい、善意の行動を行なう限り、国はこれに共助して行くことはもちろんであり、港湾法の明定しているところでもある。

港湾事業の実際の諸例を分類するとき、その事業の目的とすると~~主として~~ころが国の方針であり、社会的利害も含まれているが、直接的に特定者の欲求をも充足しようとする例外がある。受益者制度の存在は、港湾事業におけるこのような例外の存在を容認している。これはまれに補助率・負担率などの行政上の操作によつて行なわれ、またまったく費用の負担を行なわず、事業の合併施工などの措置によつて行なわれる。これらの費用は、受益を受ける特定者の恩恵を基礎として特別の租税・料金・負担または寄付金などによつて賄なわれ、形式的には追加費用の形で行なわれることが多い。し

かしこの種のものは例外であり、特定者の欲求をみたすことのための港湾事業は、公共事業の本質からいつても存在しないと見るべきである。

以上多少の回りくどい説明は、港湾技術における港湾技術者の一般的な立場を明らかにしようとするためである。この場合問題になるのは、(1) 港湾管理者の見地、(2) 府県または市町村というような特定の地域内の住民の見地、(3) 一国のすべての国民の見地、(4) 港湾利用者に最も深く関連して、(5) 港湾技術者自体の問題として、である。

港湾事業が港湾管理者の企業であると見られる現在では、(1) の見地が強く受けとられがちである。この見地から不十分な港湾法の改正、例えば、港湾管理者の営もうとする埠頭業の禁止事項の撤廃が要請される。このような障害がない限り、私企業と同じような収入、支出を経営の主体とする港湾の発展も一応可能のように見うけられる。しかし前述の所論に従つて(1) の見地といえども、(3) の見地に利害が一致するものでない限り、正しい評価とは見なしえない。税金をもつて賄われていることが、(2) の見地を強く主張する人々の主要な論拠である。税金の支払者はその反対給付を評価する実際的な方法がなく、行なわれる港湾事業が支払いの対価として適正なものかどうかの判断が困難であるために、港湾事業が無駄にあちこち行なわれているという風にどこでも受け取られがちで、それが政治力と結びついていることは、§3 で述べたように事実である。また§2 で掲げた防潮施設は、特定の地域内の住民のみに関係する問題として強調されるが、それは冷静に国民全体の中における問題の評価として判断されなければならない。子供を沢山有している父親は、市内に数多くの子供の遊び場を要求するであろうし、子供のない裕福な成人は気持のよい都市の道路の拡張を要請するであろう。この反対に(3) の見地からなされる港湾事業が特定の地域に限られ、特定の港

湾利用者に利益が限定されているかのごとき観を呈することがある。たとえば離島における諸港湾の整備である。しかしそれらが(2)の見地から行なわれているものでないことは、重ねていうまでもないことと思う。

(4)は港湾を企業的に見ようとする人人の間で強く支持されている。公共事業の合理化・近代化ということが叫ばれ、その企業性を高く評価し、企業への接近を考える人人にとつては、当然のことと思われるが、直接には公共の福祉増進を目的としていない事業、すなわちここでいう港湾事業でないことに注意すべきである。一般の私企業でも、最近その企業のもつ公共性もしくは公益性の確立が問題にされて来ており、私企業もただ単に利益を追求するものとして、認識しえなくなつたと称されているが、本質的には利潤の追求である。したがつて私企業では常に顧客ないしは市場ということが事業の対象となつてゐるが、株主の立場擁護が使命であるように、港湾の利用者の見地から強く港湾事業を見ようとする場合でも、国民の見地を最重視することを忘れてはならない。

このような述べ方は、港湾事業が誰の費用によつて賄われるかということが、立場を明確にする唯一の根拠であるように見られるが、このことは決して決定的なものでないことを強調したい。それは港湾の与える影響が地方的であり、国家的であるという本質的なものが含まれていることに注意する必要がある。したがつて私企業において港湾をつくる場合でも、企業における生産過程の一部として港湾技術が適用されるのであるが、その港湾が他に与える影響をも考慮する必要があることを指摘したい。特別の例外として、港湾建設業という企業の中における港湾技術者の立場は、現在のわが国の実状からは以上説明したいずれの立場にもないようであるが、それは自ら港湾をつくるという行為がなされていないからにほかならない。したがつて私企業

として建設業を営むという立場に優先して、発注者の有している立場をよく理解しなければ、社会的に意義のある港湾技術の確立をのぞむことができないものと思われる。対象を人間・社会の中におかないで、単に営利を追求する如何なる企業も成立しえないように、港湾技術者自体を立場とする行為については、港湾技術そのものに人間的・社会的合目的性は認められない。

以上述べた立場でなされた一切の技術行為が社会の人人、国民に与える広汎な効果を即時測定しうることは困難である。ある地点で港湾が整備されることは、数百 km 離れた地域の住民には無関係であるかも知れない。実例、そこに新しい資源が開発され、工業が立地し、その住民のいわゆる所得増加がなされても、そのことが数百 km 離れた住民に何らかの形で影響する度合を計測することは困難である。

にもかかわらず、このような場合でも、国民所得の反映という代表的な概念のもとに、何らかの関連づけを行なうことが必要であると思われる。よしんば現在、この問題が解決しえないからといって、すべての国民の立場を否定することは、港湾技術の才 2 の重要な目的を明確にすることを困難にするばかりである。

## §5 目的達成のための最適手段の存在

港湾技術者が公共の福祉増進を目的としてよりよい港湾をつくろうとするとき、その立場と目的を明らかにしなければ、その行動の指標が得られないとした。それはあたかも、山頂をめざす登山者においてただ山頂に早く到達することが目的なら、ヘリコプターでもケーブルカーでもよいはずである。しかし、山に登ること自体を問題にするなら、沢を選ぶか岩壁を登はんする

かが、その目的によつておのずから変わつてくる。またどの岩壁をどのように登ればよいかという手段の選び方の問題として提起される。港湾技術においても、公共の福祉増進のためのよりよい港湾という意味が、人間社会の要請にかゝる問題として定量的にはつきり把握されるならば、その目的達成のために、合理的な法則性は、自然科学を基礎として追求されていかなければならない。港湾技術の一つの目的すなわち、物理的な側面はその方法自体港湾工学を背景として、従来から進歩を遂げ、最適手段の存在を確認している。しかし他の側面、すなわちもつとも社会の要請にはつきり答えねばならなかつたものに対しては何故か、あいまいであり、これが、はつきり確認されているはずの工学的目的に添わせる場合にも、「この方が最もよいのだ」という確信を与えていなかつた。したがつて本来の港湾技術者の活躍の場であるこの過程においてすらも、港湾技術は徒らに「科学なき技術の世界」として立ち遅れていた。したがつて、われわれは次に港湾技術者の行動の指標としてしばしば用いられる幾つかの代表的な言葉、すなわち「理想的な埠頭」、「経済的設計」、「合理的な埠頭経営」、「能率的な工事」、「近代的な上屋」などの実際的な意味を考えることが必要となつてくる。

ある目的を達成し得るものは、すべて合目的とはいはう。しかし目的が明確にされてくると、合目的な行為は漸次規制されてくる。「理想的な埠頭の建設」ということは、人間社会に要請されているように、その埠頭が設けられることを意味する。今、公共福祉増進に関する一定の基準、すなわち、大多数の利益とか、不特定多数の利益とか、莫然とではなしに、定量的に示しえたとする。すると、その目的を獲得する手段というものは、科学の法則性を用いることによつて「よい」「悪い」が判断され、最適手段が港湾技術者の個有の人間努力によつて求められる。「経済的な設計」という

ことは、与えられた構造物が安くなればよいということではない。上と同じように目的が設定されたとき、経済の示す法則性に基づいて合理的に設計が進められることを意味する。この場合、われわれはよく経験しているように、工学的な側面では外力条件と用いられる構造物の強度との間に存在する安全率または材質の許容応力といったものを巧みに組み合わせて、工費の最小となる方向に行為をむける。しかし与えられた構造物を設計するのだということを目的とせず、港湾技術の他の側面にある目的をも明確に認識する場合、その構造物をつくらず、他の手段によつた方がよいという手段を生むかも知れない。経済的な設計とは、与えられた構造物を設計する場合に用いられる比較設計の領域を、もつと広く拡張して考えらるべきである。同様に「合理的な埠頭経営」とは、人間社会の要請している直接の目的になうために、特殊の法則性に正しく準拠していることが確認されている埠頭経営を意味する。

以上の解析で明瞭にされたことは、港湾技術者の行為の指標は目的との関連において、換言すれば目的を達成させるための幾つかの手段のうちで最良のものと意識されたものを意味している。それは直観的に定められたものでなく、合理的法則性を備えた最適手段として存在していることである。

§1 の例示でいくつかの「港湾施設の近代化」の意味合いを説明した。もし、今ここに公共の福祉増進という目的を国民すべての立場において考えるとき、施設の整備を行なわない場合は、図1-1より明らかに輸送費用の増大ということで、国民が生産の部門か消費の部門で損失を招く。だからといって、過剰の施設の整備は、国民のすべてが過当の負担にあえぐことになる。したがって国民経済の立場になつて、港湾施設の近代化を考えると、施設をつくることによつて投資を受け持つ国民の負担と、施設をつ



くならなかつたときに受ける国民の損失との和が最小になるように港湾施設を計画する。この方法をとることが公共の福祉増進、換言すれば、大多数の国民のすべての利益になる港湾施設計画であると判断するのである。このように立場と目的を明確に定義づけることによつて、「近代的な港湾施設の建設」が最適手段として、港湾技術者の行動の指標として、明瞭に把握されるのである。この例では幾つかの方法があるにもかかわらず、才の方式の付近にほとんど一義的に最適解を求めて行くことができる。

港湾技術の適用を必要としている港湾の実際の現象は複雑であり、最適手段をこのように簡単に求めることは、決して容易ではない。しかし現象を詳細に分析すること、その底に流れている問題を発見することに努めるならば、最初に立場と目的を明確にしておきさえすれば、科学の力を借りて、最適手段を求めて行くことは不可能ではないということを銘記する必要があると思う。これを求める方法自体、一つの未開の科学の分野として残されているが、港湾技術者はその港湾技術の目的を合理的に達成せしめようとする努力から、この技術をも従来培つてきた工学的な技術の上に積み重ねていかなければならないと思う。

## § 6 港湾技術の発展に関する方法論の提起

人間社会における港湾の地位を明らかにし、その港湾技術者の使命を先ず人間的な問題として正しく認識する。用いられる港湾技術は、問題に対処

する港湾技術者の立場を明確にしておかなければ、その目的を明瞭に把握することが困難である。このことは客観的な法則性を与えつつ、港湾技術者が合目的に行動し得る必要条件であることを述べた。

港湾をつくるという人間社会の要請は、商品というような他のものの生産を行なうための設備の一環として行なわれる場合、もしくは港湾をつくること自体に企業性が与えられる場合を除いては、国家経済の問題として取り扱われる。すなわち公共の福祉増進そのものを目的としてなされる。港湾技術の発展を方法論として考察する場合、このもつとも重要な目的をあいまいな表現のままに置くことはできない。§3 でそのことが港湾技術の進歩を立ち遅れさせていた要因であることを指摘した。従つて客観的に容認できる一定の基準を設定し、公共性の意味合いを定量的な問題として港湾技術者の前に提起することが必要である。このことは、私企業において、いわゆる技術が「引き合いかどうか」、「この技術を用いることによつてどれだけの利潤をもたらすか」ということをたしかめるときに使用されるのと同じように考えられる。また一定の基準を設けた後目的として明確に規定しうるものは、港湾技術者の立場の明示である。この二つの問題を港湾技術者が決定しうるならば、複雑な社会現象の中に存在する港湾の諸問題も整理され分析されて、解決の方向、換言すれば港湾技術者の行動の正しい指標として与えていくことができる。

与えられた港湾技術者のこの行動の指標は、従来からも港湾技術者の本来の活躍の場として、多くの人人に認められてきたものであるが、も早抽象的なものでなく、客観的法則性の可能な形に、すなわち実践的な問題としてとらえられる。このことが港湾技術の発展を可能ならしめるこの方法論の才2の効用である。理論が実証によつて確かめられ、科学性が高められてい

く工学の世界と同様に、港湾技術者の行動が評価され、より法則性の高められた行動の指標を港湾技術者に与えていくことができる。

よりよき社会を生むために積極的に用いられようとする港湾技術は、要約して次のようにつくられる。

- 1° 港湾技術者の使命の意識。
- 2° 港湾技術者の立場の確認。
- 3° 港湾技術の目的の明確化。
- 4° 港湾技術の対象となる事象の分析。
- 5° 港湾技術の対象となる問題の発見。
- 6° 港湾技術者の行動の指標の設定。
- 7° 問題の単純化—数量化—模型化。
- 8° 諸科学の適用。
- 9° 目的達成のための最適手段の選択。
- 10° 判 断。
- 11° 港湾技術者の行動ならびに調整。
- 12° 成果の評価。

§1 において「港湾技術とはいかなるものであるか」という問題を多くの港湾技術者の討論の中に取り扱い、港湾技術者の使命を指摘した。この問題は港湾技術者自体の人生観、世界観という人間的なものである。§2 においてさらに社会的の問題として港湾技術を眺め、その目的を考察した。

§3 はその目的が港湾技術を論じている場では極めてあいまいな形で把握されていることを指摘して、方法論的にも明らかにする必要を論じた。先ず目的を明らかにする前提として、§4 では一般の港湾がどのような立場で人間社会から要請されているかの解析を試みた。目的を定量的な問題として

扱い方法論は次章で行なうこととし、§5 ではその目的を達成するための手段について論じた。港湾技術の適用を必要とする幾つかの複雑な港湾の諸問題を人間社会の要請するままに法則性を与えて合理的に解決していくために、事象の分析と問題の定量的な発見が必要であり、その過程を経た後に、最適手段というものが存在することを述べた。その最適手段を方法論的に述べるのが本論文の才2の任務であり、才3章以下に示すことにしている。自然科学の知識を十二分に利用するこの段階では、港湾技術が工学であることを裏付けられるが、工学以外の科学の知識もひろく用いられることを示したい。

港湾技術における判断は、重要な段階で合目的性の充足度によつて行なわれる。しばしば合理性のみが重視して追求されることがあるが、人間的な合目的性は自然科学の合理的法則性のみによつて充たしえないことがある。このことは、港湾技術者により人間的な立場をとらしめる。美しい港湾をつくる。などやかな作業場の環境、安全な作業施設、このような問題は、よりよい港湾をつくるために必要な港湾技術者の行動の指標であるが、必ずしも定量的に、法則性を実証せしめることが困難である。このような人間の感情、精神の問題は、むしろ芸術、道徳、社会倫理、宗教もしくは、人間関係の問題であり、本論文に示す方法論でその解決をはかれるものではない。またこの故にこのような例外を除いた問題についても、経験とか勘とかで港湾技術者の行動を決定せしめてよいという論拠を与えてはならない。

本論文に提示した方法論を用いても、なお港湾諸問題の解決には人間的に判断しなければならない余地のあることを示しており、それが何であるかが本論文によることによつて明確にされうることを主張するものである。例えば、どんなに精密に予測理論を用いて50年先の港湾に起りうる事象を予

測して、よりよき港湾を計画しても、| こういう予測法を用うればこうなる|  
ということを示したに過ぎない。 天気予報は明日の天気を予報する。しか  
し必ず予報されたとおりになるとは限らない。 だからといつて明日の行動  
を、経験や勘のみで決定することはしないで、天気予報に基づいて判断を行  
なうであろう。

港湾技術者の行動の評価は正当に行なわれねばならない。 今述べた例で  
は予報が外れても、推論過程が明らかにされておることから、どこに現実と  
の差異が生じたか、それが何であるかはつきり把握できるのと同じく、本論  
文に述べた方法論に基づく港湾技術は、その使用成果を目的との関連におい  
て科学的に評価しうるものである。 このことは同じような問題の発生に対  
して解決への道を容易に発見せしめることになり、合理性を与え、合目的性  
を大きくする。

緒論にも述べたように、このような態度は、港湾技術者をしてただ与えら  
れたものをつくる受身の立場から進んで公共の福祉を増進せしめようという  
積極的な立場をとらしめることが可能となるばかりでなく、港湾技術そのも  
のをさらに進歩させることができるものと信じる。

外力条件に対して安定な防波堤、水深 12 m の岸壁、これのみをつくるこ  
とに専心する技術者は Technician であり、「何のために誰が、いつ、ど  
こで何をつくるか」を問題にし、「この方法で行なうことが一番目的にかな  
うものであり、科学の教える法則に準拠している」ことを常に意識し、判断  
する能力を持ち、成果に対して責任をとつていく港湾技術者こそ、Engineer  
と名付けられるべきであろう。 明確な立場と目的の認識は、公共の福祉増  
進となる港湾をいかにつくればよいかという問題を取り扱わせ、直接港湾技  
術者に社会文化の向上に寄与せしめる。

このように政治・社会・経済という人間社会の広い世界の中で港湾技術をとらえようとする本論の主張は、従来の概念を単に拡張しようとしたのではなく、こうすることによつて始めて港湾技術の発展が一層可能になると思えたからにほかならない。このように動的な過程を有する新しい港湾技術の定義づけを各段階別に分類するならば、1°～5°までを人間行為の段階として、実践的な港湾技術者のあり方を含めて従来の港湾技術者と違つた特性を強調することによつて分けることができる。この段階は1°～3°までの人間意識の段階と4°～5°で示される港湾技術者の技術を用いようとする動機づけの段階とに細分しうる。6°は行動方針決定の段階、7°～9°は最適手段を求めるためにいろいろの仮定やら現象間のウエイト付けを行なう段階であり、ここでの特徴は後述する目的に関する一定の規準の設定を行なうことと、合目的な法則性を与えるために特殊な手法を用い、最適手段を求めて行く段階である。10°は7°～9°までの段階で得られた成果をふたたび人間社会の合目的性と港湾技術者の人間的な問題として行動の決定をなす段階であり、11°と12°は最終の行動と評価の段階である。行動は決定されたように行なうとともに評価は厳格に行ない、次の港湾技術の進歩に寄与しうるものでなくてはならない。

このような態度は、人間社会の中にあつて港湾技術者が公共の福祉増進を図るために、先ずその意味合いを一定の法則に従つて分析し個々の要素ごとに把握し、合目的にふたたび一定の法則に従つて組み立て、それを港湾技術者の合理的な行動の指標となるよう、港湾技術の実践的な理論体系をつくることにほかならない。

## 第 2 章 港湾技術の目的に関する 方法論的考察

### § 1 目的を明らかにする一定の規準

前章の場合と同じく、公共の福祉増進を目的として用いられる港湾技術の問題を主体に考えていくものとする。それは私企業における港湾技術というものは、わが国にあつてはむしろ例外的であるという理由の外に、その目的に関する方法論は前にも述べたように他の生産技術と同様にすでに相当考究されているからである。

公共の福祉増進は前章において述べられたように、「大多数の国民の利益」という言葉で分りやすく表現されている。この言葉はまた、用役(Expenditure)の供給に対する成果(Benefit)の獲得として説明される。その評価は後者の前者との差もしくは比で示することができる。

用役に相当するものは国民の税負担・技術力・労力・資材・施設・機械・機構といった人・金・物に関係するものであり、それによつて得られる利益に相当するものは、輸送費の軽減・生産コストの低下・船舶の安全・地方経済の繁栄・輸送量の増大の寄与などである前者はいわゆる投入物(Input)で、後者のそれは産出物(Output)と一般に表わされ、公共の福祉  $G$  は

$$G = f(B), \text{ または } f(E) \quad (1-1) \quad \text{であらわされることに、}$$

$$B = O - I \quad (1-2)$$

$$E = O/I \quad (1-3)$$

と表わされ、 $B$  は国民の所得など総合的な利益または便益(Benefit)、 $E$  は効

率 (Efficiency) とか呼ばれるものである。 $O$ 、 $I$ は前に述べたようにそれぞれ産出物、投入物である。

式1-2も式1-3も本質的には同じであることは、式1-3を対数表示すれば式1-2と同じ形になることからわかる。また式1-3は工学的な技術の目的にも用いられる。すなわち、合理的な設計は $E$ が $1$ になるように、またある場合には産出物が投入物に対してどれだけ大きいかが安定性を保証する尺度として用いられる。

$B$ とか $E$ で表現されるものを定量的に把握するためには、 $I$ とか $O$ の内容を定量的に知ることができればよい。ここで気付くことは、「よりよい港湾をつくる」ということは、一種の物の生産行為であるということ、またそのために投ぜられる国民の努力は最終的には租税の投入という形においてなされていることである。したがって獲得されるすべての国民の利益をもし貨幣価格で評価し得るなら、われわれの困難視している問題は定量的に把握することができはずである。このことは非常に困難なことで、十分な根拠に基づいて表現することが不可能なことは、前章に述べたとおりであるが、産出物 $O$ で示されている直接の港湾技術の成果と、 $B$ 、 $E$ で示されている総合的な利益の意味合いの本質的な差を認識しつつ筆者は、式1-2における $B$ が数字の $O$ より大きくなること、また式1-3における $E$ を1以上にし得るよう産出物 $O$ の値を期待することができるならば、「よりよい港湾をつくる」という基準が得られるものと思う。それは工学的な問題と違つて、「大多数の利益」は大きいとしことはないという理由に基づくのである。

よしんば $B$ が数字の $O$ となり $E$ が1にししか評価できない産出物 $O$ の値であっても、差支えない場合がある。それは評価し得ない利益が産出物 $O$ に加算されることがこの種の事業の公共性の特質でもあると思うからである。



このような論拠が許されるならば、最低の保証を得るための評価の基準は、一般私企業で行なわれているような経済的基準を応用することによつて可能となる。この最低の保証は次のように考える。

港湾事業にめてられる財源は、最終的には税収入である。したがつてもしその港湾事業に投資された費用相当額の租税が徴収されなかつたとしたならば、その徴収を免れた納税者が生産事業に投資し、いくらかの利潤を求めることができたに違いない。さもなくば、消費財または消費利益に支出することによつて、直接生活水準を向上したかも知れない。

したがつてこのような資金によつて賄われる港湾事業は、納税者が上述したような自分の投資で得たであろう利益以上の大きさのものを得るという最低の保証を得なければ、国民経済の観点からは有利ではないとするのである。巨額の港湾事業の費用は、現実的には一時、預金部資金のように、租税以外の財源で調達されることがある。この財源は、船舶建設、中小企業その他国の重要産業の設備投資の資金であることも十分考慮されねばならない。このように最低の基準を設け、よりよい港湾をつくつたことの価値がこの基準と比較し得るならば、港湾技術の適用の評価もおのずからなしうるものと思われる。

あらゆる用役もしくは利益を対等に客観的に比較しうるもの、それは一般の商品、サービスなどの価値を価格で評価するような市場の規準(Market value), すなわち貨幣規準以外にない。このことが可能ならば、港湾事業の目的とする公共の福祉増進とそれを獲得するために投下される国民の税負担の間に通約し得る価値規準を持てることになり、港湾技術で明らかにすることのできなかつた、「何のために」という目的の問題も定量的に把握すること

とができることになる。また技術者の行動の指標も「何故、今何をどんな方法で」つくればよいかについて、確実な科学的資料を豊富に得ることができるようになる。それは私企業で行なわれている経済学、もしくは経営学の考え方を公共事業に適するように訂正して導入してくることにほかならない。前に述べたように、私企業のそれをそのまま適用することは困難であり、かえって大きな誤りを侵すことになり、おのずからそこに限界はある。したがってこのような方法論の提示も、現在の研究段階ではより必要な条件の範囲にとどまらざるをえないのであるが、現在のようにその必要性が無視され放置の状態におかれることは、それ以上に許されないことと思う。

港湾技術上の問題として起さる典型的な事例として、次のようなものをあげるができる。

「ある港において年間100万 屯 の港湾取り扱い貨物量の増加が予想される。放置しておけば、不合理な荷役体制を余儀なくされ、それは荷役費用の増大、貨物の滞貨、船舶の回転率の低下といった形で表わせられる。今、貨幣価額で見積つて1屯200円当りの港湾諸掛り費の低下がある種の施設の改良によつて期待できるとしよう。それには二つの方法があり、Aの方法は建設に20億円を要し、Bの方法は半分の建設費で済むが、年年の維持費に8000万円要するとする。

われわれが今考えている問題は、「何のために」このような施設の改良を企てたか、「誰のために」それを行なうのか、「何故に今」建設する必要があるのか、「どの方法」で行なうのが最も目的にかなうかといった種類のものである。この問題の解決は個人の直観、他人の圧力といったようなものの介入を許さず、これらの決定に至る過程は「公共の福祉増進」を最大にするために、科学的な尺度をもつてその度合を測ることが必要であり、それは市

場の基準、すなわちその事業によつて得られる公共の便益が十分引合ふものであると確信されたものでなければならぬと述べた。このような厳格な表現は、それが完全な形でなされることが容易でなくても、技術者が外力条件に対する構造物の設計計算を行なうのと同じ周到さと精度を必要とすることを述べた。

以上の事例に含まれている問題のいくつかを具体的に分析してみよう。本事例では、この問題をとらえた時点では次の点はすでに明らかにされている。すなわち、港湾技術者によつて「よりよい港湾をつくる」意識のもとに、国民全体の福祉増進のために、港湾技術の対象となる事象の分析は十分になされていることである。従つて問題は取り扱い貨物量の増加に伴う荷役状態の悪化を阻止し、国民経済上に何らかのプラスをはかるうとする行動の指標を求めて行く段階にある。起こり得る事象を正しく予測し、分析し得ているかどうか、問題の発見が合理的に正しいかという問題は、問題を正しく解決するための大切な過程であるが、これについては、才4章に述べることにし、主として目的に関連して2～3の疑問を提起しておきたい。

(1) 1 屯当り 2 0 0 円の港湾諸掛り費の節約のために払われる合理化の犠牲は、公共の福祉増進とどういう関係にあるか。

(2) 年間 2 億円の利益は誰が得るか。

(3) この二つの方法は最適の方法として残されたものか。1 0 0 万 屯 の貨物を分析した場合、もつと他に有利な輸送方法、またそれに伴う施設の改良方法が別にあるのではあるまいか。

(4) A の方法を採用したとき、2 0 億円を金融面に投資して、そこから得る配当でもつて、港湾諸掛り費の合理化分を港湾管理者の責任において補填してもよいのではないか。年間 2 億円を負担することは不可能なこと

ではない。

(5)投資に対する利益の比は、Aの方法だと  $2/20 = 10(\%)$ であるが、Bの方法は年間維持費を利益額から差引いても  $12/10 = 12(\%)$ で、Bの方法の方が有利である。したがってBの方法がこの場合台目的な最適手段といつてよい。このような各種の疑問に明確に答弁し得るためにわれわれは、どうしても一定の規準を持つ必要に迫られるわけである。ここに筆者の提案する方法論における重要ないくつかの仮定がある。

(1)と(2)との疑問。これについてすでにわれわれはすべての国民の立場で問題を考えることとした。したがって誰が犠牲になろうと、誰が利益を受けようと、それが国民である限りこの場合かまわないのである。

Output O は国民の誰かの利益であり、Input I は国民の用役またその結果として得られる便益B、Eは公共の利益(General welfare) Gとみてしまうのである。この場合、港湾諸掛り費の低下は国民経済における節約とみ、投資はそのためなされる用役とみる。この場合特定者の利益を強張する人がいるかも知れない。しかしそれはいかにそれを執行するかという行政上の問題、企業形態の問題で、もはや港湾技術の核心から離れた問題である。すなわち、受益者負担とか、補償とか、代替施設の建設とか、もしくは企業的に行なうべきとか、特種の問題として扱われる性質のものである。

(3)の疑問は方法論の展開の才2段階として取り扱われる性質を有するもので、才3章以下で論ずることとする。事象の分析、現象の底に流れる法則性をとらえること、すなわち問題の発見をなすことにより、最適手段を見出すいくつかの手法を提示することが可能である。本事例のごとく、二つの方法あるいは二つ以上いくつかの方法間の比較は、従来の

港湾技術では、たとえば「いくつかの計画の比較」「比較設計」といった作業の中で扱われ、よりよい方法をみつける一番原始的な方法である。

(4)の疑問は実際に起こる事実とは若干くい違いがあり、疑問自体に無理があるが、よく議論される問題で重要な事項を含んでいる。このようなことが事実なら、いかなる港湾事業も公共の福祉増進を広い意味に解釈して、再検討しなければならない。(5)の疑問と合わせて、港湾事業に対する投資は多くの場合長期投資が原則であり、一時の投資が年間または全期間に得られる公共の福祉—貨幣価値で換算された便益額—とどういう関係になつているかという問題は、合目的性を正しく評価する上にも、また最適手段を求めるためにいくつかの方法を比較する際にも、極めて重要である。したがって式1-2, 式1-3で表わされた問題の中に、時間の要素が含まれていることに注意しなければならない、今Aの方法もBの方法も、一時の投資でそれぞれの施設が建設されBの方法のみ年年の維持費を要するが、40年間は施設の命数があり、供用が可能であるとしよう。そのときAの方法による年間均等割当ての支出の費用は5千万円であり、Bの方法による場合、2千5百万円プラス年間維持費8千万円合計1億5百万円である。どちらも年間の利益2億円は支出を超えるものであるが、AとBとの差が示すほど、Aが有利なのであるか。ここに「今日の1円は来年あるいはそれ以後の1円より多くの価値をもっている」という一般経済の重要な問題となつている貨幣の時間変動、すなわち時間的系列における費用という考え方で推論していかなければならない。それは前述した「つくられる港湾」の命数、すなわち時間系列における物の概念とともに、この方法論を可能にする重要な命題である。

(5)の疑問は、本節の始めに述べた港湾技術者の定量的に表示された目的に関しても、根本的な問題があることを提示している。すなわち、利益の大きい、経済的なあるいは効果的な港湾をつくる問題の多くは式1-2に示され、効率の高い能率的な港湾をつくる問題は式1-3によつて表わせる。(5)の疑問のように、式1-3で表わされる結果は式1-2で示される結果と異なっている。このようなことは、港湾技術の目的とされている「大多数の人の利益」ということがさらに複雑な形をもつて現実の社会の中に含まれていることを意味する。

一般に式1-2、式1-3よりいえることは、その $B$ や $E$ で示される便益というものは、港湾技術者の努力によつて得られる利益 $O$ が大きければ大きいほど、また投入される金や物、人力といったものが小さいほど大きくなるということのほかに、時間 $T$ にも深く関係する、それは物や金の投入ということが、時間によつて変わる変数と見られるからである。安く早くという言葉が、港湾技術の目的に関係して、また行動の指標として多く用いられるのも、こうしたところにその発生源を見ることができ、得ようとする目的を $B$ で示すか、 $E$ で与えるかは、問題の性質によつて港湾技術者がきめるべき問題である。ただここで注意を加えたいのは、港湾技術の諸問題を処理するとき、目的と関連して考えて行くと、 $B$ 、 $O$ およびこれに関連する事項の最大値を求める問題、 $E$ で示される率を大きくする問題、また、 $I$ や $T$ およびこれに関する事項の最小値を求める問題に変形されていくことが多いことである。

前章の§1.の図1-1に示した事例では、 $I$ の最小値を求める問題に目的が転化されており、作業船や荷役機械の購入では $E$ の問題、また建設現場の施工では $T$ を小さくする問題、また港湾をつくる他の事項では

0や $E$ を大きくする問題が要求されることもあるが、一般には、これら要素を独立でなしに、総合して考察して行かねば、港湾技術の目的並びに最適行動の指標を定量的に認識することができない。このことはさらに才3章以下で論ずることとし、一定の基準を得るための準備作業として、次節以下に貨幣と物の時間系列においての扱い方を述べることにする。

## § 2 価値の時間的变化

技術上の問題における複雑な計算式それ自体では、技術の問題を解くことができない。技術の本質には二つの大きな要素があり、一つは事物の利用、自然力の効率的利用という物理的な面であるけれど、そのみで人間社会の要請に応えることができない。ここにもう一つの要素、それは利益とか、便益とか、どちらかというとな経済的な要素があることを前節までに指摘した。したがって技術とは、経済的な生産の問題に科学を意識して適用させようとするにありと見ることもできる。人間社会の要請とそれを充足させる費用の概念が導入されねば、技術は理解されないし、逆にいうと、低い費用で最大の帰結を得ようとする経済的な行為というものが、常に技術につきものであるといえるのである。すなわち、われわれが「よい港湾をつくる」行為をなさそうとするとき、何らかの金を使つてその目的を達しようとするし、そこに技術の有用な世界が存在するのである。

今一般の人が金を使うとき、いくつかの方法を考える。前節にも述べたように、まず、才1の場合は、物品・サービスの購入を行なつて、願望を充足する場合である。才2は生産財の購入により、生産を営み、それを売つて才1の場合にかえる場合であり、才3は死蔵、才4は人に無利子で

で貸す場合、才5は有利子で貸す場合である。才3、才4の場合は、近代社会人としては、とらない態度であり、一般に行なわれるのは、才1、才2および才5である。才5の場合、いくらの子で貸すかが問題となる。近代資本主義社会では、事業を営むのには、自己資本によるか、または他より資本を調達して賄うのが常態であるが、その場合、資金に利子をつけて借りるという問題が生じる。自己資本そのものも他に貸付して、利子を生むという性質を持つている。したがって費用を考えると、まず利子(Interest)という概念を明らかにしなければならない。これと対照して考えられるべき他の概念は、物の損耗・効用の変化などを取り扱うデプリシエイション(Deprlciation)の概念である。これは費用と物の価値を時間系列において正しく把握しようとするものであり、比較的、長期事業を常態とし、港湾構造物の命数が一般に長いことから、港湾技術の問題を明らかにしていく場合、是非とも明らかにしておかねばならない諸概念である。

#### (1) 利子および利率(Interest and interest rate)

一般経済界で取り扱われている利子に関する定義は、次のようなものである。すなわち、「利子とは借入金の使用に対して支払われる貨幣、あるいは広義に解して、利子は資本の生産的投資によつて得られる利益」である。また利率に関しては、「一定の期間—それは通例1年以内であるが—の終りに設けられるべき、あるいは支払うべき利子とその期間の初めに借りた金銭との比率」と定義されている。H.G.Thuesen<sup>21)</sup>は利率は資本を使うために要した費用と使われた資本との比として表わされ、つぎのような要素を含むとしている。まず資本を貸す側に立つて利率を考えると、

1) 相手が返さない場合の危険負担、たとえばそのようなことが1年の



間に50回に1回くらいで起こるとすれば2%，

2) 貸付するために必要な調査，集金費用および貸付手数料，これを1%。

3) 他の蓄積方法よりこの方法がよいと選択された超過利益3%。

と見込れるとき，1年につき6%と規定されるとしている。しかし，公共事業の一環として考えられる港湾技術にあつて，このような利率の分析を正しく行なうことは困難であり，このことの故に，費用の時間的変化の把握は必要でないという論拠が強いのであるが，このことについて後で詳しく検討することとし，利子および利率の概念を導入したときの費用の価値の時間的変動を，価格によつて考察してみよう。表1はよく引合いに出されている借入金の返済方法を示す五つの方式である。これについては改めて説明する必要がないほど明らかであるが，これらの方法は，支払総額においては異なるが，それが異なつた期日になされる同一価値を有する支払系列であることは極めて重要である。

港湾技術において，いろいろの問題を取り扱い，経済価値を論ずるときは，必ず貨幣価格で示されたものを同一価値に換算する等価計算(Equivalence Calculation)が必要である。

表1-1 同一価値をもつ5組の支払方法 (i=6%)

方法 経過年数	I 初年度払	II 定率元本未払	III 元本同一 額定率払	IV 同一額毎年 未払	V 経過年数未 一括払
0	10,000		-	-	-
1	-	600	1,600	1,359	-
2	-	600	1,540	1,359	-
3	-	600	1,480	1,359	-
4	-	600	1,420	1,359	-
5	-	600	1,360	1,359	-
6	-	600	1,300	1,359	-
7	-	600	1,240	1,359	-
8	-	600	1,180	1,359	-
9	-	600	1,120	1,359	-
10	-	10,600	1,060	1,359	17,910
計	10,000	16,000	13,300	13,590	17,910

注 利率 6% に対しいずれの支払方法によるも、計に計上された金額は現在金額 10000 円と同価である。

- 2 III の方法に関する近似式 元本同一額 + 平均利払方式  $(1000 + 330 = 1330)$  を採用しても、合計は 13300 円である。これは才 III の方法の平均値として求められる。

例えば V の方法によつて 10 年間に支払われる 17910 円の現価は 1 万円であり、毎年 1359 円ずつ 10 年間支払われるものの現価も 1 万円である。表 1-1 に示された各種の組の支払を必要とするところのある便益をもたらす計画が他に見出される場合においても、6% の利子が考えられる場合には経済的には同一である。すなわち、それらはいずれも 1 万円の現在金額によつてまかなわれるのである。この事実は各種の計画において要求される支払総額の比較によつては、決して明らかにされない。それは相異なる金額の組が同一の価値をもつ一括払、あるいは、同一の価値をもつ、同一金額支払いの一つの組に換算される場合のみ明瞭となることを意味する。どの組を選ぶかは、港湾技術の目的によつて港湾技術者の判断に委ねられるのであるが、すべての費用を現価に、またはある一定の期日における価額に換算するか、また多く用いられるように毎年の費用に換算して、評価することが望ましい。

現価と、ある期日における同一価値の変動価額とは、利率・期間の間につきのような関係がある。これらは本質的には連続の値をもつて変動することが考えられるが、理論的に過ぎないので、一般の会計法則にしたがつて期末における会計金額、すなわち離散値として計算される。一般にその期は一年を単位とするが、特別の場合、半年・1/4 半期・1 月を単位とすることもある。

今  $i$  = 利子期間についての利率、

$n$  = 利子期間の数 (日、半期、年数),

$P$  = 金銭の現在額

$S$  = 現期日より  $n$  利子期間経過後までの金額合計, それは  $i$  利率の利子を  $P$  に加えたものに等しい,

$R$  = 将来  $n$  期間の間継続して同一額を支払う場合における毎期末支払額を表わす, この一組の支払額の合計は  $P$  に  $i$  利率で利子加算するものに等しい,

とすると, よく知られている複利の公式から

$$S = P (1 + i)^n \dots\dots\dots (1-4)$$

よつて 
$$P = S \left[ \frac{1}{(1 + i)^n} \right] \dots\dots\dots (1-5)$$

次に  $S$  と同一額毎期末支払額  $R$ , もしくは現価  $P$  との関係はそれぞれ次式に示されるよう求められている。<sup>21) 22)</sup>

$$S = R \left[ \frac{(1 + i)^n - 1}{i} \right] \dots\dots\dots (1-6)$$

また 
$$R = S \left[ \frac{i}{(1 + i)^n - 1} \right] \dots\dots\dots (1-7)$$

つぎに式 1-4, 式 1-6 から

$$R = P \left[ \frac{i(1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1} \right] = P \left[ \frac{i}{1 - (1 + i)^{-n}} \right] \dots\dots\dots (1-8)$$

$$P = R \left[ \frac{(1 + i)^n - 1}{i(1 + i)^n} \right] = R \left[ \frac{1 - (1 + i)^{-n}}{i} \right] \dots\dots\dots (1-9)$$

式 1-4 は一括払いのときの複利合計で,  $(1 + i)^n$  はこのときの複利合計係数 (Single - Payment compound- amount factor) と呼ばれ, その逆数  $1/(1 + i)^n$  は一括払いの現価係数 (Single-Payment Present worth factor) であり,  $P$  は現価, 式 1-6 に示される  $S$  は同一額毎期末払 (Equal-Payment-series) における複利合計で,  $R$  にかかる係数を複利合計係数 (Equal-Payment-series Compound-amount factor,) その逆数の式 1-7 に示された係数は減債基金係数

(Equal-Payment-series sinking fund factor)と一般に名付け  
<sup>21) 22)</sup>  
 られている。

Rは毎期末支払額 (Single-Payment in a series of equal-Payment), 式1-8で示される係数は資本回収係数 (Equal-Payment-series capital recovery factor)と称せられるもので c.r.f. と略記され, 非常によく用いられる。その逆数はこのシリーズの現価係数である。また減債基金係数と c.r. fとの間には, つぎのような関係がある。すなわち,

$$\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} = \frac{i}{(1+i)^n - 1} + i \dots\dots (1-i)$$

表1-1のVは式1-4で示され, 同じくNの支払方法は式1-8で与えられる。式1-4~式1-9までの値は, いろいろの文献<sup>21) 22)</sup>に表示されているが, 本論文にてもしばしば用いるので,  $i = 6.78$ および $10\%$ の場合につき  $n = 1 \sim 100$ に対する数値を表1-2に転記した。<sup>21) 22)</sup>  
 またよく用いる c.r.f. の計算図表を図1-2のようにノモグラフで示しておいた。

H.G. Thusen Engineering)  
= 6% 表 1-2 各種係数値表 (Economy による)

n	一括払		同一額毎年払				n
	複利合計係数	現価係数	減債基金係数	資本回収係数	複利合計係数	現価係数	
	Pを所与として Sを求める $(1+i)^n$	Sを所与として Pを求める $\frac{1}{(1+i)^n}$	Sを所与として Rを求める $\frac{i}{(1+i)^n-1}$	Pを所与として Rを求める $\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n-1}$	Rを所与として Sを求める $\frac{(1+i)^n-1}{i}$	Rを所与として Pを求める $\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n-1}$	
1	1.060	0.9434	1.00000	1.08000	1.000	0.943	1
2	1.124	0.8900	0.48544	0.54544	2.060	1.833	2
3	1.191	0.8396	0.31411	0.37411	3.184	2.673	3
4	1.262	0.7921	0.22859	0.28859	4.375	3.465	4
5	1.338	0.7473	0.17740	0.23740	5.637	4.212	5
6	1.419	0.7050	0.14336	0.20336	6.975	4.917	6
7	1.504	0.6651	0.11914	0.17914	8.394	5.582	7
8	1.594	0.6274	0.10104	0.16104	9.897	6.210	8
9	1.689	0.5919	0.08702	0.14702	11.491	6.802	9
10	1.791	0.5584	0.07587	0.13587	13.181	7.360	10
15	2.397	0.4173	0.04296	0.10296	23.276	9.712	15
20	3.207	0.3118	0.02718	0.08718	36.786	11.470	20
25	4.292	0.2330	0.01823	0.07823	54.865	12.783	25
30	5.743	0.1741	0.01265	0.07265	79.058	13.765	30
40	10.286	0.0972	0.00646	0.06646	154.762	15.046	40
50	18.420	0.0543	0.00344	0.06344	290.336	15.762	50
60	32.988	0.0303	0.00188	0.06188	533.128	16.161	60
100	339.302	0.0029	0.00018	0.06018	5638.368	16.618	100

i = 7%

n	一括払		同一額毎年払				n
	複利合計係数	現価係数	減債基金係数	資本回収係数	複利合計係数	現価係数	
	Pを所与として Sを求める $(1+i)^n$	Sを所与として Pを求める $\frac{1}{(1+i)^n}$	Sを所与として Rを求める $\frac{i}{(1+i)^n-1}$	Pを所与として Rを求める $\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n-1}$	Rを所与として Sを求める $\frac{(1+i)^n-1}{i}$	Rを所与として Pを求める $\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n-1}$	
1	1.070	0.9346	1.00000	1.07000	1.000	0.935	1
2	1.145	0.8734	0.48309	0.55309	2.070	1.808	2
3	1.225	0.8163	0.31105	0.38105	3.215	2.624	3
4	1.311	0.7629	0.22523	0.29523	4.440	3.387	4
5	1.403	0.7130	0.17389	0.24389	5.751	4.100	5
6	1.501	0.6663	0.13980	0.20980	7.153	4.767	6
7	1.606	0.6227	0.11555	0.18555	8.654	5.389	7
8	1.718	0.5820	0.09747	0.16747	10.260	5.971	8
9	1.838	0.5439	0.08349	0.15349	11.978	6.515	9
10	1.967	0.5083	0.07238	0.14238	13.816	7.024	10
15	2.759	0.3624	0.03979	0.10979	25.129	9.108	15
20	3.870	0.2584	0.02439	0.09439	40.995	10.594	20
25	5.427	0.1842	0.01581	0.08581	63.246	11.654	25
30	7.612	0.1314	0.01059	0.08059	94.461	12.409	30
40	14.974	0.0668	0.00501	0.07501	199.635	13.332	40
50	29.457	0.0339	0.00246	0.07246	406.529	13.801	50
60	57.946	0.0173	0.00123	0.07123	813.520	14.039	60
100	867.716	0.0012	0.00008	0.07008	12381.662	14.269	100

$i = 8\%$

$n$	一括払		同一額 毎年払				$n$
	複利合計係数	現価係数	減債基金係数	資本回収係数	複利合計係数	現価係数	
	$P$ を所与として $S$ を求める $(1+i)^n$	$S$ を所与として $P$ を求める $\frac{1}{(1+i)^n}$	$S$ を所与として $R$ を求める $\frac{i}{(1+i)^n - 1}$	$P$ を所与として $R$ を求める $\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$	$R$ を所与として $S$ を求める $\frac{(1+i)^n - 1}{i}$	$R$ を所与として $P$ を求める $\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$	
1	1.080	0.9259	1.00000	1.08000	1.000	0.926	1
2	1.166	0.8573	0.48077	0.56077	2.080	1.783	2
3	1.260	0.7938	0.30803	0.38803	3.246	2.577	3
4	1.360	0.7350	0.22192	0.30192	4.506	3.312	4
5	1.469	0.6806	0.17046	0.25046	5.867	3.993	5
6	1.587	0.6302	0.13632	0.21632	7.336	4.623	6
7	1.714	0.5835	0.11207	0.19207	8.923	5.206	7
8	1.851	0.5403	0.09401	0.17401	10.637	5.747	8
9	1.999	0.5002	0.08008	0.16008	12.488	6.247	9
10	2.159	0.4632	0.06903	0.14903	14.487	6.710	10
15	3.172	0.3152	0.03683	0.11683	27.152	8.559	15
20	4.661	0.2145	0.02185	0.10185	45.762	9.818	20
25	6.848	0.1460	0.01368	0.09368	73.106	10.675	25
30	10.063	0.0994	0.00883	0.08883	113.283	11.258	30
40	21.725	0.0460	0.00386	0.08386	259.057	11.925	40
50	46.902	0.0213	0.00174	0.08174	573.770	12.233	50
60	101.257	0.0099	0.00080	0.08080	1253.213	12.377	60
100	2199.761	0.0005	0.00004	0.08004	27484.516	12.494	100

$i = 10\%$

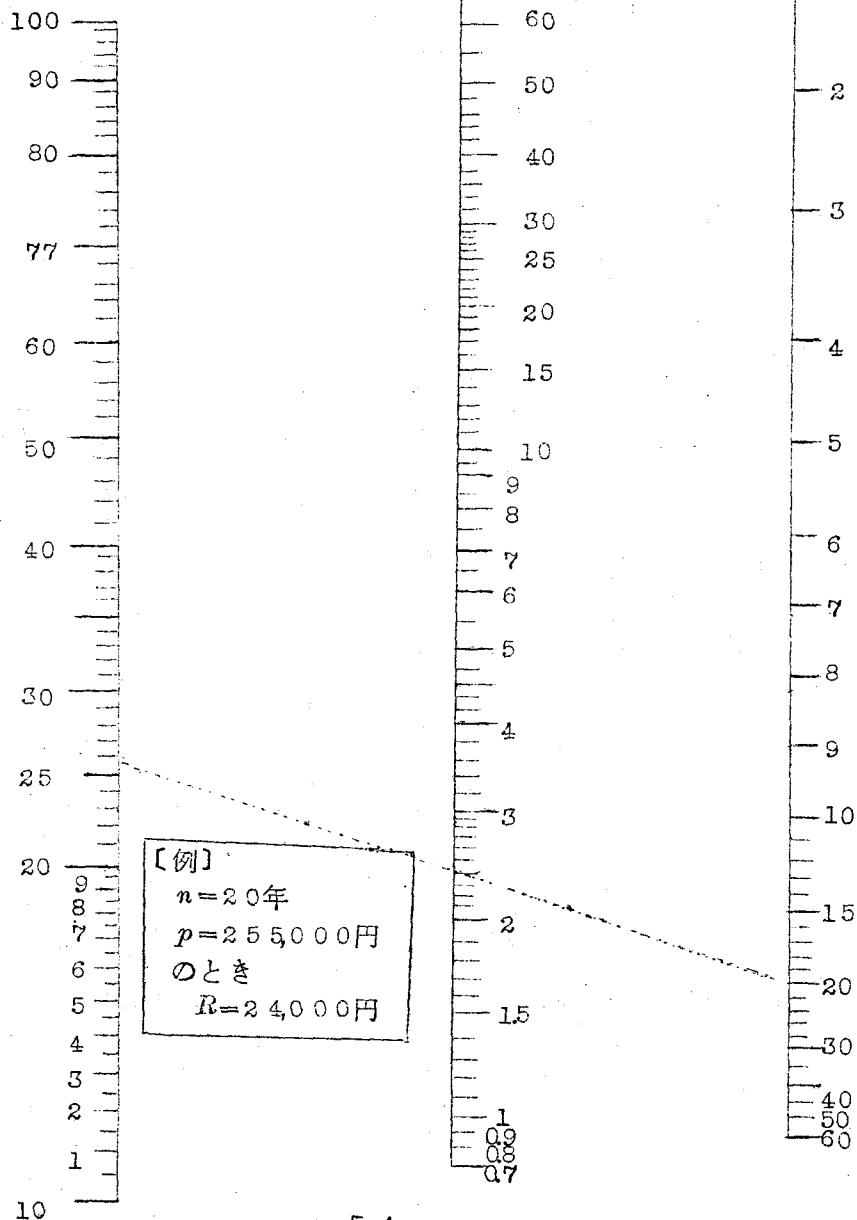
$n$	一括払		同一額 毎年払				$n$
	複利合計係数	現価係数	減債基金係数	資本回収係数	複利合計係数	現価係数	
	$P$ を所与として $S$ を求める $(1+i)^n$	$S$ を所与として $P$ を求める $\frac{1}{(1+i)^n}$	$S$ を所与として $R$ を求める $\frac{i}{(1+i)^n - 1}$	$P$ を所与として $R$ を求める $\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$	$R$ を所与として $S$ を求める $\frac{(1+i)^n - 1}{i}$	$R$ を所与として $P$ を求める $\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$	
1	1.100	0.9091	1.00000	1.10000	1.000	0.909	1
2	1.210	0.8264	0.47619	0.57619	2.100	1.736	2
3	1.331	0.7513	0.30211	0.40211	3.310	2.487	3
4	1.464	0.6830	0.21547	0.31547	4.641	3.170	4
5	1.611	0.6209	0.16380	0.26380	6.105	3.791	5
6	1.772	0.5645	0.12961	0.22961	7.716	4.355	6
7	1.949	0.5132	0.10541	0.20541	9.487	4.868	7
8	2.144	0.4665	0.08744	0.18744	11.436	5.335	8
9	2.358	0.4241	0.07364	0.17364	13.579	5.759	9
10	2.594	0.3855	0.06275	0.16275	15.937	6.144	10
15	4.177	0.2394	0.03147	0.13147	31.772	7.606	15
20	6.727	0.1486	0.01746	0.11746	57.275	8.514	20
25	10.835	0.0923	0.01017	0.11017	98.347	9.077	25
30	17.449	0.0573	0.00608	0.10608	164.494	9.427	30
40	45.259	0.0221	0.00226	0.10226	442.593	9.779	40
50	117.391	0.0085	0.00086	0.10086	1163.909	9.915	50
60	304.482	0.0033	0.00033	0.10033	3034.816	9.967	60
100	13780.612	0.0001	0.00001	0.10001	13779.6123	9.999	100

図1-2 毎年費用 $R$ を求める図表

$$R = P \left[ \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$$

( $i=0.07$ の場合)

ただし $P, R$ は同一の単位を用いること  
 $p$



また表 1-1 に示したⅢの返済方法は、元本は  $n$  年間均等に返し、それに対する利子を毎年定率で付加していくのであるから、才 1 年末の利子は  $Pi$ 、2 年末は  $(P - \frac{P}{n})i$ 、以下同様にして  $n$  年末では  $[P - (n-1) \times \frac{P}{n}]i$  したがって  $r$  年末で支払う金額、すなわち同一額毎年払方式における  $R$  に相当するものは  $R_r = \frac{P}{n} + [P - (r-1) \frac{P}{n}]i \dots\dots\dots (1-10)$

また  $S$  は式 1-10 を  $n$  年まで集計して

$$S = P(1 + \frac{n+1}{2} i) \dots\dots\dots (1-11)$$

で与えられる、表 1-1 におけるⅢの数字は、式 1-10 式 1-11 で計算されている。しかし式 1-10 は  $i$  の値によつて変動する値であるから、式 1-11 を  $n$  で割つてこれを同一額毎年払方式の  $R$  に対応させることが一般に行なわれており、元本同一額平均利払方式と呼んでいる。

$$\bar{R} = P(\frac{1}{n} + \frac{1}{2} \frac{n+1}{n} i) \dots\dots\dots (1-12)$$

そしてこの  $\bar{R}$  を  $R$  の近似式として用いることがあるが、式 1-11 と式 1-12 とから  $P$  を消去すると  $S, \bar{R}$  の関係が求められるので同一額毎年払方式のようなシリーズをつくることができるが、 $\bar{R}$  は平均値で実際の支払額と異なつたものであるところから一般には用いない。また実際の金銭の支払方式是、Ⅲのような方式であつても、 $P \cdot S \cdot R$  の相互の関係をみようとするならば、式 1-4 から式 1-9 までの考え方の方が理論的であり、このシリーズでもし  $\bar{R}$  を使用するならば、すでに実際の支払方式とは離れてしまつてくるのだから、このシリーズを用いることが同一額毎年支払方式より、合理的という根拠がなくなつてしまつてゐる。したがつて、表 1-2 のように数値が用意されれば、計算の困難性は除去されているから港湾技術上の費用の概念は、同一額毎年方式のシリーズを用いた方がよいと思われる。



同様に支払方法のⅠの方式は、一般に単利方式と呼ばれるもので、毎年の支払は原則として、 $P_i$  であるから、

$$S = P(1 + ni) \dots\dots\dots (1-13)$$

この系では、 $S$ 、 $P$ 、 $R$ 三者間の比較はできない。したがって、われわれが今  $P$  なる投資をして、 $n$ 年後のある時期の価額を知りたいときは、式1-4を、ある時期の投資額を知つて、現価における価額を知りたいときは式1-5を、また毎年投ずる費用が  $n$  年間続くものとしたときの現価を知りたいときは式1-9を、さらに  $n$  年後の時点における値を知りたいときは式1-6を用い、今投下する資本の毎年価額または  $n$  年後に支払う予定の金額をそれぞれ毎年価額に換算していろいろと比較したいときは、式1-8または式1-7を用いればよい。

このようなシリーズを構成することは、毎年7千万円の航路維持費を投ずるのがよいか、また河口を切り換えてそういうことをなくすために10億円の建設事業をなした方がよいか、得られる効果が同じのとき方法選択に対して、港湾技術者に合理的に判断させる有力な基準を与えることになることは疑いのないところである。

次に上の諸式における利率  $i$  や利子期間  $n$  をどのように採用すればよいかが、港湾技術上の問題として残されている。

§ 1に掲げた例題にもどつて、以上述べたことが港湾技術にどういう影響をもたらすかを考察してみよう。表1-3は利子期間  $n$  を施設の耐用年数と見、それと利率  $i$  の変化による、 $A$ 、 $B$  2方法間を等価計算によつて比較したものであつて同一額毎年払方式を採用し、数値は表1-2に示すものを用いている。

表 1-3 A・B 2 方法間の毎年費用比較

(単位 千円)

(方法) (耐用年数) (利率)		A	B
10年	6%	$c.r.f.6-10$ $2000000 \times 0.13587 =$ 271,740	$c.r.f.6-10$ $(1,000,000 \times 0.13587) +$ $80000 = 215,370$
30	8	$c.r.f.8-30$ $2000000 \times 0.08883 =$ 177,660	$c.r.f.8-30$ $(1,000,000 \times 0.08883) +$ $80000 = 168,830$
50	6	$c.r.f.6-50$ $2000000 \times 0.06344 =$ 126,880	$c.r.f.6-50$ $(1,000,000 \times 0.06344) +$ $80000 = 143,440$

(註)  $c.r.f.i-n$  は利率  $i$  , 期間  $n$  のときの資本回収係数

この表で明らかなように、施設の耐用年数が10年そこそこの場合には、毎年費用で比較するとBの方が有利であるが、年間に得られる利益額2億円を上回っており、不経済な事業であることを示している。A・Bいずれも30年以上の耐用年数を有するならば、事業は引き合うものとなり、利率8%の場合Bの方が計算上若干有利な計画となつている。もし耐用年数を50年とし、利率を6%にとつたならば、表に示しているように、Aの方がBより経済的ということになる。このようなことは、港湾技術において、耐用年数などで示される期間とともに、利率を考慮に入れた時間的系列における価値の評価の変動を明らかにすることが、いかに大事であるかを具体的に示すものである。

期間  $n$  については次項で述べることとし、ここでは利率  $i$  を港湾技術ではどのように理解すべきかについて論じたい。他の公共事業と同様、港湾技術にこのような利子の概念を導入することはいまだ公けに論議されたことはないが、反対する人人も従来からかなり多いように見受けられる。その理由とするところは、港湾事業は公共事業であつて、企業でないから、全く不用であり、取り入れても無意義であるというのである。またたとえ

採用しても、米国や欧州のように3%~5%の低利率を採用すべきだとい  
うのである。それぞれの論には多少の根拠もあるようである。不用論の基  
礎をなすものは、企業における利潤の追求に変わるものとされている公共  
の福祉増進の本質は、貨幣価額で完全に表現されえないものがあるという  
事実に基づく。例えば防波堤の建設、ヨットハーバーの改良、ある種の防  
災保全施設、未開発地における港湾の建設などである。しかし、港湾事業  
になされる投資が納税者の税負担においてなされる限り、§2の始めに述  
べたような納税者が直接やりたがっている経済行為を犠牲にしているの  
であるから、その行為によつて生じたであろう利子以上の便益を国民経済に  
寄与することのはつきりした保証を行なわなくてはならない。逆にいうな  
らば、港湾事業への投資が実際に何らかの利益を生むことがあくまで不確  
かならば、社会の貨幣エネルギーは、利益を生じる他の資本財への投資か、  
直接国民の生活水準を高める消費財の購入に費された方がよいという社会  
常識にしたがつて、港湾事業への投資は許されなくなる。港湾事業によつて生  
みだされる貨幣価額への換算が困難だというだけで利子の概念の導入を拒  
否することは以上の理由からほとんど不可能に近い。またある港湾技術者  
は利子の伴う借入金に期待して、行なわなくてもよい港湾事業が行なわ  
れていることを指摘して、それを理由とする。例えば、全額国費の安全保  
障諸費によつて賄われた港湾事業、航路の開さく事業などであり、その年  
の課税で、当該年度に支出していくものは利子を考慮すべきでないとい  
うのである。厳密にいえば、自衛隊の築く港湾、海上保安庁の巡視艇基地と  
いつた港湾も、それを建設することによつて得られる国民の利益を考える  
場合、利子の概念を導入すべきであり、何ら国民の利益追求と無関係な、  
国民自ら行なり予定の経済行為より得られる利益以下の事業は、国といえ

ども行なうべき理由は民主国家の存立を認める限りは存しないことは明らかである。利子の概念の欠如した港湾事業は、港湾技術者において、予測される利益と投下資本の回収の責任がなく、また費用を負担している港湾都市住民ならびに一般国民の港湾に対する投資への意欲を全く失なわしめる。また予算を握るものの全くの主観によつて、港湾事業の遅滞促進が遂行される危険すら予想される。

利子の概念の港湾技術における必要性は、以上のように述べられたのであるが、しからば利子の基準をどのように設けるべきか。それに対する一つの根拠は、港湾事業の大部分が借入金によつて賄われている事実をもつて、特定の港湾管理者が借入金に対して支払う利率と同一にすべきであるという理論である。このような理論体系では、国費は一般財源で賄い、地方負担もしくは国費の交付公債による負担分は、それぞれの借入、相殺区分にしたがつて正確に計算することを要求する。しかし、今まで述べきたつたように、われわれが利子の概念を導入しようとする試みは、私企業の借入金調達の場合と若干異なる。本質的には港湾事業によつて得られる公共の福祉増進の実体が私企業の利潤に相対応するように考え、導入した利子というものは、それを見込んで建設された港湾施設が国民経済の中にあつて最小の限度以上の利益をあげるであらうと仮定したものであり、そのような利子は、最小の魅力的公共利益と目されるものである。したがつて社内留保金に相当する一般財源のみで賄つた場合でも、利子の概念は必要となつてくる。確かに借入金の利子は最小の魅力的公共利益の規準を設ける場合の一つの有力な要素であるが、それにしただう必要はない。

借入金の利子以上に収益をあげねば、私企業では真の利潤とならないように、多くの場合、適切な最小の魅力的公共利益は実際の借入金の利子よ

りいく分高めでなくてはならない。表1-4は現行、似通つた事業の資金の借入に関する事項を表示したものである。この表から、われわれが考えようとする港湾事業における利子は6%~9%程度に見積ることの妥当性が首肯される。…国における公益事業委員会によつて規制された利率は4.5%~7%であり、したがつて公益事業の収益はこれより低くしてはならないとさ

表1-4 公共および公益事業融資基準

資金調達別	細目	利率	償還期限	償還方法	据置期間
地方債					
一般会計	一般補助事業	6.3%	海岸、倉庫、港湾荷役機械を除く）海岸施設埋立	分割償還または一括払	最長3年
	災害復旧事業	6.3%	港湾、海岸	〃	同上
	一般単独事業	6.3%	土地造成、荷役機械、曳船、上屋	〃	23年
収益事業	土地造成、荷役機械、曳船、上屋	6.5%	812年	〃	23年
公営企業水道事業	上水道	6.5%	最長25年	〃	最長5年
公募債（一般公募）		7.5%~8%			
（公営金融庫）	曳船、上屋、土地造成、荷役機械	7.3%	8年		2年
日本開発銀行	開発のための設備の改良取得または補修	10%以内（現在は9分）	1年以上5年以内ただし必要と認めるときは15年以内	分割償還または定期償還	3年以内
中小企業金融公庫	設備資金および長期運転資金	10%（現在は9分8厘）	1年以上、5年以内	割賦償還または定期償還	1年以内
北海道東北開発公庫	同上	10%（現在は9分）	設備資金については1年以上10年以内長期運転資金については1年以上5年以内	割賦償還または一時払い	設備資金については5年以内、長期運転資金については1年以内

れている。また公共事業では、3%またはそれ以下の利率でなされているように思われる。欧州の各国では4%~6%が多いようで、P.I.A.N.Cで報告されたスエーデンのストックホルム港では6%と $4\frac{2}{3}\%$ が用いら<sup>23)</sup>れている。ある技術者のいうように欧米並みに6%以下の低利率を採用することとしてみよう。確かに一般港湾事業は収益事業ではないからである。このようにすれば、式 1-2 式 1-3 を満足する港湾事業はかなり増大するであろう。最小の魅力的公共利益の水準がそれだけ小さいのであるから当然であるが、一般に費用を負担した一般大衆に与える便益もそれだけ小さいし、逆にいうと、与えられた便益は見かけに過ぎず、そのために過分の費用負担を一般国民が受けもつことになるのである。同様に、引き合い過ぎる港湾事業が多くなり、一般社会では企業的に成立し得ない事業でも、企業的に営まれるべきだとの誤解を生む。現在、6%の最小魅力的公共利益の保証のもとになされている事業もさらに設備拡充することが可能となり、ほとんど制限がなくなる。このように低利率で見込めた港湾の事業が、よその港で正当に6%~9%の利益率で見込めた港湾事業と同列に比較されたとき、後者の事業が遅延させられることも、現下のわが国の実情では起こりうる。このことは日本の経済全体にとつて、決して利益とならない。したがって利用しうる資金が限られている場合、諸種の投資方法から得られる予想利益を考慮することが必要であり、利潤に相当する公共の利益が大きい、すなわち最も必要にして最も経済的な港湾から整備すること、最も効果のある施設から建設・改良を始めて行くことが大切ということになつてくる。このことは、利子の基準を一定にしておくことが必要だということをも意味する。このことは反対に必要以上高い利率を設けることは、それによつて引き合う事業がすべて理論的には企業的に成

立することを意味しないでもない。もつとも一般の港湾事業では、収益の徴収が実際問題として困難であり、またそれが可能な好ましい企業体をつくることも、容易でないが、10%～15%以上の最小の利益を確実に徴収し得るなら、わが国の市場の一般基準以上に収益を予想し得るのであるから、一般国民はこの企業におのずから投資する刺激を受けるはずである。したがって、公益性の保持をさほど必要としない限り、も早このような港湾事業は公共の福祉増進のための事業から企業へと移行せしめてよいということができる。公益性の保持が必要なときは、港湾管理者の収益事業として営むか、港湾管理者の監督のもとに、公共性の保持された企業とした方がむしろ施設の急速なる整備増造物の運営上からも好ましいと思う。

表1-4の表示にもかかわらず、港湾技術における利率を6%～9%として、下限を低く見積つたのは次のような根拠をもっている。

表1-5 二種の材料間の構造物費用比較

(棧橋=耐用年数50年)

利 率 分	毎 年 の 費 用		毎 年 の 費 用 の 差	
	鋼 鉄 製	コンクリート製	鋼 鉄 製	コンクリート製
0	千円 9,800	千円 7,800	千円 —	千円 2,000
2	13,820	12,410	—	1,410
4	18,830	18,150	—	680
5	21,630	21,360	—	270
6	24,570	24,740	170	—
8	30,790	31,880	1,090	—
10	37,290	39,340	2,050	—
12	43,940	46,960	3,020	—
建 設 費	340,000	390,000	—	—
維 持 費	3,000	—	—	—

表1-5は建設費m当り34万円および39万円の棧橋の比較設計を示すものである。前者は鋼鉄製で毎年維持費3千円を要し、後者は、維持費を要しない鉄筋コンクリート製である。いずれも耐用年数50年を仮定し、同一額毎年費用c. r. f.を用い、表1-3のように計算したものであるが、低率のときはコンクリート製の方が有利で、高利を採用するに従つて鋼鉄製の方が有利となつてくる。§1.の例題、表1-3でも同様な傾向がうかがわれたのであるが、表1-5の例ではその限界が5.6%である。今8%の利率を用いると鋼製の方が有利となるが、毎年の維持費を要する。このことはそれだけ新しい建設を阻害することになる。今ここに5万円の追加が行なわれたら、50年間毎年3千円の支出を節約することが可能となり、他の新しい建設資金として用意される。一般に毎年の維持費・管理費を減少せしめることは、将来の港湾の輸送要請に応ずるために必要な建設資金を準備するものと考えることができ、また将来にわたつて、計算され得なかつた経費の節約や維持管理の欠如を防ぐことができるものでありこのことは留意する必要があるように思われる。このような配慮は、高率の利益をもたらす資金を実質的に費用負担者に与えることになり、最終的に費用負担者の受益となることが考えられる。

この利益の方が正確に見積られる可能性があり、一般国民の利益となるような将来の生産的投資を長期にわたつて実施する結果となることが期待される。このような観点からこのような場合に低い利率を採用することの方がむしろ妥当であるといえる。

以上の所論に従つて、港湾技術の問題として費用を取り扱うときに、利子および利率の概念を導入することは絶対必要であるけれども、いかなる利率を採用すべきかは個々のケースについて慎重に取り扱つていかねばな



らないと思われる。一般に表1-4のデーターを足掛りにわが国にあつて6%~9%の範囲で考慮することが好ましいが、港湾事業の一般的性格から、それは国民経済的見地から眺めるといふ立場において統一することが望まれるので、一般公共事業にあつては7%、収益事業として行なわれる埋立・上屋・荷役機械などの建設の諸事業にあつては8%が最も妥当と思う。これは、前記の範囲の中間値でもある。かつて国土総合開発審議会で、経済効果測定に用いるために港湾事業の標準利率を一応7%と定め、これをわれわれ港湾技術者がよく用いているが、決して誤つたものでないことと理解される。

(ロ) 時間的系列における物。

港湾技術上の問題を扱う際重要な概念として、物の時間的系列における価値の変動がある。ある特殊の場合において、施設、物は一般に時がたつにつれてそれだけ価値を減少していくという一般的傾向が見受けられる。この事実は、物の物理的陳腐化・老朽化と同時に時間とともに低減していく物の有する効用の減によつて外見的にも認められる。例えば、能率の悪くなつた浚渫船のように、技術の進歩から遠ざかる現象が指摘される。これらの事実は、港湾技術上では評価の分野において、また工事精算など会計上の問題として、従来からも扱われてきたものであるが、港湾技術上の他の分野、特に計画上の問題、機械の購入、施設の改良・更新などの多くの部門では、もつと深い認識をもつて迎え入れねばならない。すなわち港湾技術者が施設の改良や機械の購入など、いわゆる港湾事業の遂行を企画するとき、旧施設の価値の減少を適切に評価し、新施設の効用と具体的に對比することが可能となきのみ計画を合理的にならしめることができる。

また新しい施設といえどもやがて廃棄されるものであり、また廃棄され

るよりもずつと前にそれらが著しい価値の減少を経験するものであることを認識するか、しないかは、計画の良否をきめるに決定的な作用を与える。

一般に物の価値の減少は、多くの人人によつて、次のような原因に基づくものとされている。

(1)物理的な摩耗 (Physical depreciation.)

- イ) 物理的材質の老朽 (Deterioration) 例：鋼材の錆の発生による腐蝕、木材の海虫による侵害、
- ロ) 使用による摩損 (Wear and tear,) 例：浚渫船のタムプラーの摩耗、タイヤのへり、

(2)機能的な効用減 (Functional depreciation.)

- イ) より効率的な機械施設の出現、例：人力荷役から機械荷役、また1屯ジブクレーンからコンベアを付した1.5屯のアンローダーへの変換による1日当り荷役能力の上昇、
- ロ) その施設、機械に対応する仕事が最早なくなつてしまつた場合、  
例：2.5 mの航路、泊地には荷物を積んだ船が寄り付かなくなつてしまつた場合、
- ハ) 対象物の変化、例：船舶が大型化し、従来7.5 m水深の岸壁でよかつたのが9 m～10 m水深岸壁に改造しなければ用をなさなくなつてしまつた場合、

(3)使い果し (Depletion,) 例：これは蓄電池の電池が切れたような場合とか、漂砂実験にアイソトープを使用したとき、ある時間後に放射能が有効限界以下に低下してしまつたような場合、

(4)価格の変動 (Fluctuation of price levels,)

(5)突発事故。

例えば戦争・災害などによる破かい、また効用の急激な変更である。

ここで4)は価値そのものの変動は影響ないにしても、価値の評価を価額でなす以外に方法がない場合、必然的に要素として考慮しなければならない。

以上述べたような原因に基づく、物の価値の変動をデイプリシエイション (Depreciation) と称している。われわれの港湾技術では、よく常識的に知られている物理的材質の老朽化のほかに、事業の継続・費用の停滞による中止・戦争・災害・取り替え時期の遅延・海運界の変化(船舶の大型化・特定物資の専用船輸送傾向・輸送経路の変化)・長期計画による状況の変化・陸上輸送形態の変革・その他技術革新など、各種のものがデイプリシエイションに関係するものとして今後この方面の見識をひろめ専門的な研究を進めねばならないと思われる。

さらに注意すべきことは、公共の福祉増進に対応する公共的価値の変動をわれわれが問題にしていることである。ある埠頭が建設されたが、特定の企業者に独占されたとする。この場合埠頭の公共的な価値は失われ、企業者のみの価値となり、例えばこの埠頭に1億円投ぜられ、いかに近代的機能を付与しても、公共的価値は0となつたのである。そして、その独占者には、他に取り換えがたい価値、例えば2億円の価値を生じることもある。この2者の相違は、デイプリシエイションには直接関係ない。異なる二つの期日においてそれぞれの価値の差異を問題にするのである。同じ立場で論じたとき始めの期日の価値から、後の期日の価値を控除した値を、われわれは、デイプリシエイションと称している。また、原価計算や工事精算に用いる割賦償却費は、厳密な意味のデイプリシエイションではなく、会計上の概念で帳簿価格と称せられるものである。また評価

に際してとられる方法、すなわち現在の施設・機械と同一用益に供しうる新施設・機械を考えたとき、後者はより長い耐用年数を有し、維持費も少なく、かつ若干の効用の増大も考えられる。このような差異が控除されたとき、これはデブライシイェーションである。物の用益はこのようなデブライシイェーションによつて果される。いかえれば施設・機械などの物は、摩耗による価値の減少を行ないつつ、生産を生み出す。したがつて摩耗による損失額は生産費の一部と見做される。適正な生産額はデブライシイェーションを考慮せずに算定されない。生産額に見積ることによつて生産財の減耗分を取りもどすことができるのである。企業では、このデブライシイェーションは固定資産税・財産の売買・権利の評価・裁判上の問題などに、用いられる外、経営上の重要事項の決定に大きな役割を果している。

デブライシイェーションがどのようにして行なわれるか。すなわち、物の用益期間中にどのような体様でなされるかが、つぎのわれわれの問題である。前述のように、デブライシイェーションの生じる原因が複雑であるため、まず、物の用益期間、一般に耐用年数 (Depreciates during, Service life) をきめるのが困難であるばかりでなく、それが時時刻刻と耐用年数期間中にどのように損耗して行くかは全く測り知れない。したがつて生産額に適切に、費用の償却費を折込むことも、厳密には容易ではないが、一般には、つぎの四つの方法が採用されている。

(1)直線的減価償却法 (Straight-Line methods of dep.),

(2)減債基金法 (Sinking fund methods of dep.),

(3)定率法 (Fixed percentage on diminishing balance),

(4)算術級数法またはデジット法 (Sum of the years or Digits methods.)

(1)の直線的減価償却法は、物の用益期間中に、均等にデブライシエーションが割当られたもので、 $n$ 年後の物の残存価格を $L$ としたとき毎年の減価償却費  $R$  は次式で示される。

$$\text{(毎年の減価償却費)} R = \frac{(\text{原価}) P - (\text{見積残存価格}) L}{(\text{見積耐用年数}) n} \dots (1-14)$$

(4)で述べた利子の概念を式 1-14 に導入して、式 1-12 を誘導したのと同じように  $\bar{R}$  を求めると

$$\bar{R} = (P-L) \left[ \frac{1}{n} + \frac{1}{2} \cdot \frac{n+1}{n} \cdot i \right] \dots (1-15)$$

この式は、直線減価償却+平均利子法 (Straight-line depreciation and average interest) と呼ばれているものであるが、これは式 1-8 に対応する次式の近似式である。

$$\begin{aligned} R &= (P-L) \left[ \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] + Li \\ &= (P-L) \left[ \frac{i}{1 - (1+i)^{-n}} \right] + Li \dots (1-16) \end{aligned}$$

式 1-16 は式 1-8 の意義から容易にわかるように、物に投ぜられた資本を回収するために積立てられる基金 (Sinking fund) に相当する。したがって式 1-16 の方法を減価基金法という。式 1-16 によるデブライシエーションと未償却金額の利子を加えたものは常に一定である性質を有する。

表1-2が用意されないとき、計算の都合から式1-15を用いることがあるが、式1-12のところで説明したように、定額の支払系列、

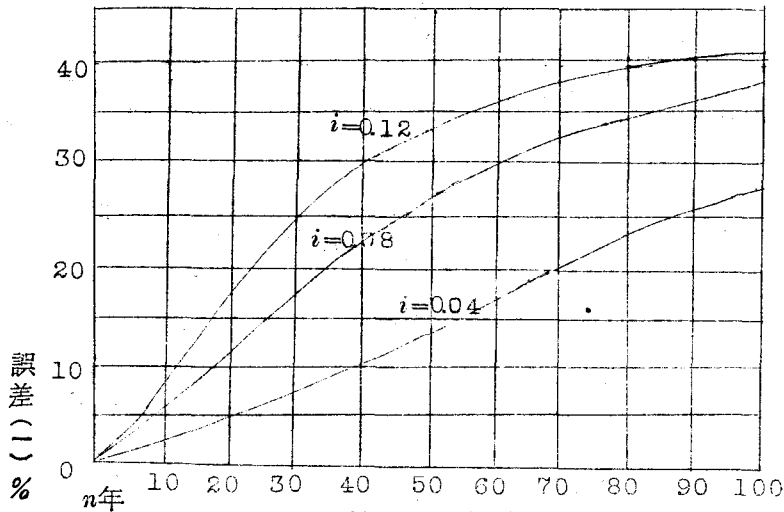


図1-3 近似法と精密法の誤差  $\epsilon$

$$\epsilon = \frac{(\text{式1-15}) - (\text{式1-16})}{(\text{式1-16})}$$

換言すれば逓減的支払系列の単純平均を等価の毎年同一額支払としようとするのであるから、当然誤差が生じる、図1-3は  $i$  および  $n$  の変化による誤差変動を示したものである。誤差は問題にされている償却期間の長さにしたがって増加し、また利率の増加にしたがって大きくなる。表によつて明らかなように、50年近くの耐用年数を多く使用する港湾技術の場合、近似法の使用は25%くらいまでの誤差を招くので、注意する必要がある。

同様に無意識に多くの港湾技術者によつて使用されている直線的減価償却プラス現価の利子を毎年の費用に見積ることは、理論的根拠が薄いばかりでなく、国民にとつて貴重な事業を不経済な事業と見捨てざるおそれが十分にゐる。また現価の半分の利子をプラスすることは、図1-3の

誤差をさらに大きくするものである。減債基金法は、同一額毎年末払のシリーズが、費用比較のときに有利であつたように、いろいろの問題を扱うのに便利と思われる。

それに対して毎年前年と同率で償却して行く方法を定率法と称する。これは語義より明らかに、次式で示されている。

$$P(1-r)^n = L$$

$$\therefore r = 1 - \sqrt[n]{\frac{L}{P}} \dots\dots (1-17)$$

この償却法は、償却年次の初期に多く償却し、耐用年数の後期にしたがつて少なく償却していく。このような償却方法は、収益税・法人税などの支払いには都合よいとされており、わが国でも使用されている。また国有財産の評価にも用いられている。しかし残存価値が0のときは用いられないこと、毎年の償却費が同額でないこと。計算が面倒なことなどの理由で、特別の場合を除いては、前述の減債基金法に劣るようである。

またある物件の減価償却法に次のようなものがある。すなわちn年償却期間の第1年目は、

$$R_1 = (P-L) \frac{n}{1+2+\dots+(n-1)+n}$$

同様に2年目は、

$$R_2 = (P-L) \frac{n-1}{1+2+\dots+(n-1)+n}$$

n年目は

$$R_n = (P-L) \frac{1}{1+2+\dots+(n-1)+n}$$

} \dots\dots (1-18)

のような償却費であり、特徴は減債基金法と定率法の間位に位するよう

である。

われわれは、どのような形式の償却方式をとるも自由であり、港湾技術のそれぞれの問題に適合するような方法を選択すればよいのであるが、任意の時点における物の価値を、ある定められた期日における貨幣価額に換算しうることの可能性・自由さ・計算の容易さその他の理由から、式 1-16 がのぞましい。この系列は、また利子のところで述べた費用の時間的変動とも相対応している。式 1-16 をかきかえると、

$$(P-L) \left[ \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^{n-1}} \right] + Li$$

$$= \frac{P-L}{n} + (P-L) \left[ \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^{n-1}} - \frac{1}{n} \right] + Li \dots \dots (1-19)$$

となるが、~~左~~ 辺の 1 項は直線減価償却による資本の回収を示し、2 項以下は利子を現わす項である。

デプリシエーションを正当に評価するのに困難な他の障害は、物の耐用年数の設定である。命数・寿命・サービスライフといろいろに呼称されるこの期間の見積りの研究は、大事なことでありながら、研究が特に遅れている。一般に、物理的寿命を統計的に算出しようとする試みがなされており、例えば電柱・電球・真空管などについては相当の研究がなされている。港湾技術上では、鋼矢板の寿命について数年ほど前に論議されたが、定説が出されたわけではない。



表 1-6 (イ) 港湾施設の耐用年数

施設別	構 造 物	国土総合開発審議会 で示された耐用年数	同左範囲
防波堤	直捨立堤	50 30	(40~60) (20~40)
岸壁	重要港湾 鉄筋コンクリート 地鉄方矢湾 鉄板	50 60 35	(30~60) (40~70) (20~50)
棧橋	重要港湾 鉄筋コンクリート 地木方港湾 造	50 60 7	(30~60) (40~70) (5~10)
物揚場		50	(30~70)
護岸		35	(20~50)
泊地	漂砂と流入河川ない場合 同上ある場合	100 40	但し河口を除く (30~50)
航路	漂砂と流入河川ない場合 同上ある場合	100 30	(10~50)
上屋	コンクリート 木造	50 15	(40~70)
倉庫	コンクリート	60	(50~70)
荷役機械 鉄道		20 40	(10~30)
燈台 無電施設		30 25	

(ロ) 大蔵省令による資産の耐用年数

施設名	構造または用途	細目	耐用年数	総合耐用年数	摘 要
倉庫	鉄骨・コンクリート			50	所得税法施行規則第10条第20項および法人税法施行規則第21条第1項に掲げる資産の耐用年数 (大蔵省令第50号)
	鉄筋コンクリート			50	
	れんが造・石造及びブロック造	トラスが鉄製のもの		50	
	鉄骨造	トラスがその他のもの		45 40	
	木骨モルタル造			20 18	
臨港鉄道	鉄道及び軌道用軌道設備		46		
	軌条及び同附属品・枕木		20 8	15	
岸壁・さん橋 防壁・堤防・ 防波堤	鉄骨・鉄筋コンクリート 鉄筋コンクリート			50	
	コンクリート造 れんが造			30 50	



表1-6, (1)(2)に示したものは、現在、港湾の国有財産の評価に、あるいは原価計算その他便益計算などに使用されている耐用年数であるが、このような表の数字を足がかりにするより他に仕方がない状態である。感じとしては、(1)の表は、物理的な寿命が重視されている傾向がある。また、(2)および(3)の表は、使用されている材料により区分しており、明らかに、材質の差により命数に大きな影響が見られる。しかし、これらの表を用いることの妥当性に全然根拠がないわけでもない。すなわち、本論の趣旨は港湾事業の経済性を、市場価値と同列にして論じていることと前提しているのであり、その観点からは、これらの表は、好むと好まざるとにかかわらず、一般にも使用されており、ある程度の一般性は保持されている。一般に耐用年数の見積りを短くすることは、企画に対して安全性を与えるといわれている。しかし私企業のそれのように短く見積り過ぎることは、§1で述べたような例において経済的である多くの建設改良計画を排除し、港湾事業のように、元来長期の計画に基づいて行なわれる事業の執行を妨害する。もう一つの批判的な理由は、計画の安全性から施設の命数を短く見積ることが、確率的に生じる外力の想定と矛盾し、長期の想定ならば当然起こるであろうと予想した外力を除外することによつて、その外力の危険に常にさらされる結果となる。また反対に、例えば鉄筋コンクリートが永久的であるからといつて、耐用年数を無理に大きくとることは、かえつて公共的に偽瞞を与えるおそれがあるばかりでなく、それほどに有利でもない。また人智はたかだか50年以上のさきの見透しすら適確になしえないことは、過去の経験が教えるところでもある。しかし従来港湾公共事業費で建設された多くの港湾施設は、港湾費用の貧困からか、企業的な経済観念の薄さからか、経済

的耐用年数を超えてもなお用益の産出を強制されている事実がある。

したがって物理的命数(Average life of mortality), 効用期間(service life) および経済的な寿命(Economical life)の間には、つぎのような関係がある。

経済的な寿命 < 効用期間 < 物理的命数。

法定耐用年数もしくは表1-6の耐用年数は効用期間と物理的命数の間にそれぞれ位置するように見える。物の物理的命数は確率分布曲線(Mortality curve)として表示され、その平均を物理的命数もしくは効用期間の代表値として、耐用年数に用いようとすることもある。また経済的な寿命を耐用年数とすることはまだ一般的でないが、理論的な根拠は十分にある。年年に要する経費が、資本の毎年費用を凌駕するに至る期間を経済的な耐用年数と定義すれば、定義により両者の間に明らかにつぎのような関係がある。すなわち資本の毎年費用Rは、式1-16より

$$R(n) = P \times \frac{i}{1 - (1+i)^{-n}} \dots\dots\dots (1-20)$$

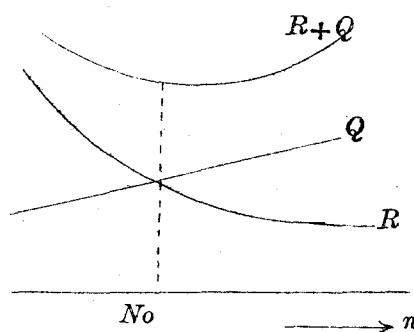
これは、nが大になるにつれて、小さくなる値である。一方、年数が経つにつれて、故障も多くなり、オーバーホールや運転経費などの維持・修繕管理費は増加してくる。この割合が年数nに対して直線的にあるとすると、

$$Q(n) = a + Wn \dots\dots\dots (1-21)$$

ここに、a は年数の増加に無関係に必要な運転費、W は増加割合である。

RとQとは右の図のような関係にある。したがって、今、R(n)とQ(n)とを加えたものをnで微分し、それを0として得られたnの値をN<sub>0</sub>とすれ

ば、 $N_0$  は図に示されるように最も経済的な寿命を示す。すなわち、 $N_0$  を超えて物の使用がなされていることは、効用や物理的な命数がまだあつても、また表 1-6 に示す法定耐用年数以下であつても、経済的寿命は超えていると判断されるのである。



デブリースイェーションの概念の導入は利子の概念の導入とともに、港湾技術を理解していくに、欠くことのできないものである。減価償却の方法としては、直線法よりも耐用年数の初期にもつとも迅速に費用を償却して資本を回収する方法の方が好ましいことが、経営上または税制上いろいろの理論的根拠をもつていい得るのであるが、本論では、直線減価償却に利子の概念を導入した減債基金法がいろんな点で最も適切なものであると推奨した。この方法による計算に必要な係数は、表 1-2 を利用することができる。

命数の問題は、今後に多くの問題を残しているようである。市場との比較において港湾技術上の諸問題を考究するときは、表 1-6 を参考にする根拠は十分にあるが、経済的に施設の機械を建設したり改良したりする場合は、経済的な寿命を別に考慮する必要があると思われる。特に港湾技術にあつてデブリースイェーションを取り上げる重要な意義は、旧資産を改良・取換のときに生じる。すなわち、施設更新の問題は、港湾技術の作用する分野で重要な地位を占めている事実、しかも巨大な国民の財力を使用し、わが国の輸送のキイポイントを握っている港湾技術

者にとつて、つぎつぎと近代的設備を備える港湾施設を補給し、これを管理して行く責任は大きい。その合理的な科学的方法の確立は、適切なデブライシイェーションの認識に立つ以外にない。全国的な問題としてばかりでなく、個々の港湾内にも常に生じている。

ある港に、内航船用の1千屯岸壁があると仮定しておこう。現在施設の予想耐用年数はすでに短くなつており、管理費・維持費・災害費などを考えると、新設のものと比較して価値の減少が認められる。一方この港に、1万屯岸壁新設の必要性が強調されてきた。最も安くこれを建設するという財政上の理由から、港湾技術者はこの1千屯岸壁を1万屯棧橋に改造したとする。もちろん、この現在施設は1万屯棧橋の土留護岸に役立たないほど老朽化はしてなかつたものとする。しかし、その港では、内航船の出入が激しく、失われた1千屯岸壁の代わりに1万屯岸壁を使用し、その岸壁の幅狭化にともない、再び1千屯岸壁をつくらざるを得なくなつたとしたらどうであろうか。港湾技術者の現在施設に対するデブライシイェーションが過大に過ぎたため、思わない損失を招いたと見る外はない。逆にこのような改造が船舶の大型化の趨勢に乗り、この港に入る船もだんだん大型船と移り変わつてきたとしたら、現在施設の用益の需要の変化に対する見積りが経済的であつたといえよう。このような例は、臨港鉄道・公共用にする空地や建物の買収など、多くの場合に生じる。この評価をなすに当り、その旧施設にこだわらず、新しい用益を求めるためには、いくつかの方法があることを計算に入れて、そのすべてについて考慮することが大切なことである。

### § 3 価値比較の基本的な方法

よい港湾をつくることによつて港湾技術者が公共の福祉増進をはかり、もしくは大多数の人の利益を獲得しようとする場合、その合目的性および行為の合理性の評価は、前節までに述べた基本的な一定の基準の設定によつて、すでに可能の領域に近づいた。すなわち、費された努力が費用の形でとらえられ、使われる物、つくられた物の価値がそれぞれ対応する貨幣価額に換算され、得られる利益と正当に対比されることとなる。本来の技術者の豊富な経験と知識は、もはや、いたずらに使われるのではなく、一定の具体的にされた目的達成のために使用される。しかし、最後に、それら価値を正当に見積り、比較評価するいくつかの方法を述べておかねばならない。これはすでに述べたように、異なる期間に現われる港湾技術上の諸問題を等価の価値に換算して行なうという一語につきる。その方法論的な意味合いは、港湾技術者が任意に選択した一定の時期に評価すべきものを換算整理することによつて可能である。このような意味から、同一額毎年払の系列を用いることが、一番便利であることを指摘した。一般によく用いられるのは、つぎの三つである。

- イ) 毎年の費用，
  - ロ) 現価と資本化された費用，
  - ハ) 予想利益率。
- (1) 毎年の費用

普通に使用されている三つの方法の中で、もつとも早くから港湾技術者にその内容の知られている方法である。しかし用法は必ずしも正確でなく、特に価値の時間的変動の取り扱いが間違っていることに注意しなければならない。それだけに、応用範囲も極めて多い。才1章§1で述べた例題、

また表 1-3, 表 1-5 および前節の図 1-4 に示した例題は、いずれも費用を毎年の価額に換算し、それぞれの問題を論じて来た。この方法は貨幣額に換算された不同の貨幣支払い系列に属する価値を比較するため、各系列を等価の同一額毎年未払に換算する方法である。これを等価の同一額毎年費用あるいは簡単に毎年の費用  $C \cdot R$  という言葉で表わす。

初期の投資・耐用年数・用益期間終了後の残存価値の有無・毎年の維持費などが違う同一目的を有する施設の毎年の費用を比較して、表 1-7 のようになつたものとしよう。このような方法で、それぞれの港湾事業を比較しようとするとき、今までに述べてきた本方法論の限界条件の他に、次のような注意がさらに必要である。

(1) 利率を 5% としたとき、Y 構造物の方が毎年の費用において 6 万 3 千円だけ低く経済的といえるのであるが、もし 6% とすると X 構造物が同程度のわずかの差で経済的となる。このような変化がある変数の変動量に応じて量的に得られることは、本方法論の有用な性格を示しているには違いないが、これをもつて両者間に決定的な有意の差があると決定してはならない。もし両者間の決定的な選択を港湾技術者が行なう場合は、この表の示す諸値の与える人間的・社会的な問題を考慮して、港湾技術者の技術目的判断に委ねた方がよい。

安全率など、技術者が判断してきめる多くの事項と同じ性格を有するものである。



表1-7 X-Y 構造物比較

構造物種類 項目		X	Y
建設費		6,000千円	20,000千円
耐用年数		10年	25年
見積残存価額		0	5,000千円
毎年維持費		1,100千円	500千円
毎 年 の 費 用 C ・ R	5%	$\begin{array}{r} \text{crf5-10} \\ 6000 \times 0.12950 = 777 \\ 777 \\ +) 1100 \\ \hline 1877 \end{array}$	$\begin{array}{r} \text{crf5-25} \\ (20000-5000) 0.07095 + \\ 5000 \times 0.05 = 1314 \quad 1314 \\ +) 500 \\ \hline 1814 \end{array}$
	6%	$\begin{array}{r} \text{crf6-10} \\ 6000 \times 0.13587 = 815 \\ 815 \\ +) 1100 \\ \hline 1915 \end{array}$	$\begin{array}{r} \text{crf6-25} \\ (20000-5000) 0.07823 + \\ 5000 \times 0.06 = 1473 \quad 1473 \\ +) 500 \\ \hline 1973 \end{array}$
	7%	$\begin{array}{r} \text{crf7-10} \\ 6000 \times 0.14232 = 854 \\ 854 \\ +) 1100 \\ \hline 1954 \end{array}$	$\begin{array}{r} \text{crf7-25} \\ (20000-5000) 0.08581 + \\ 5000 \times 0.07 = 1637 \quad 1637 \\ +) 500 \\ \hline 2137 \end{array}$

(2) 10年後においてもこの構造物の目的が失なわれないものとするれば、X構造物に必要な毎年の費用は、さらに10年後においても必要とされるだろう。これを25年を周期とする無限の繰り返しと考えるとき、利率が6～7%の範囲ではXを必ずしも有利としない。このことは前節の(1)の終わりに述べた理由に基づくものである。

(3) もしこの構造物の目的が10年後に若干変わり、10年後に取り替えられる構造物が、技術の進歩などにより、はるかに低い毎年の費用で済むという見込みが得られるならば、X構造物の有利性が顕著となる。構造物の

目的が10年後に変わり、別の施設によつて置きかえられるか、改良される可能性を含むときは、問題なくXの方が有利であるが、つぎのようなことを考慮しておく必要がある。

(4)前にも述べたが、災害の危険の問題がある。すなわち、10年の構造物と25年の構造物とは、外力の想定を変えるのが正しい考え方であるから、前者は強度的に弱くなる。したがつてどうしても災害を受けやすい。これらの数量的表示は、毎年の維持費に災害復旧費を確率的に含ましめることによつて費用比較を行なうこともできる。

(5)今後の物価の変動が予測され、それが上昇傾向にあるときは、Y構造物が有利であり、逆の場合はX構造物が有利であることはいうまでもない。毎年支出する経費に変動がある場合、すなわち、年を経るにしたがつて維持費が増大するとか、隔年ごとに大修繕をなすとか、維持費が変動する場合は、つぎに述べる(4)の方法が便利であるが、その費用のみを現価もしくは将来のある時点の価格に換算し、それをさらに毎年の費用に換算する方法が行なわれる。しばしば、恆久的なコンクリート構造物などで、耐用年数を無限大にとるようなことを主張する港湾技術者がゐるが、このような場合は、減価償却はなされず、毎年の費用では利子だけが算定される。しかしこのような数値を用いることは実益がない。また年年に得られる利益を想定してこれを最小の魅力的公共利益と見なし、利率 $i$ で割つて建設費の上限を見積ろうとする試みも行なわれるが、過大投資となることはいうまでもない。

毎年の費用の算定は、すでに今までの諸例および表1-7の算定でも明らかのように、式1-16を用いて容易に計算される。係数はc.r.f.であつて、これは表1-2または図1-2から求められる。建設資金が $i'$

というはつきりした利率で借入れられた借入金で賄われ、しかも借入金の総額がこの資産の耐用年数の終わりに一括払いで返済されるような場合には、式 1-8' の関係を用いて、毎年の費用は

$$C.R = P i' + (P - L) \left[ \frac{i}{(1+i)^n - 1} \right] \dots\dots\dots (1-22)$$

で表わせる。 $i$  は最小の魅力的公共利益を表わすもので、 $i'$  は減債基金の利率(Sinking fundrate) に対して Stipulated rate と Hoskold<sup>23)</sup> が名付けている。この式を投資現価の利子のプラス割賦償却の公式と呼んでおり、異なる 2 種の利率を用いた毎年の費用算定式である。

#### (四) 現価と資本化された費用

(四)について用いられるのは、この(四)の方法である。これは等価の同一額毎年の費用比較ができない場合または困難な場合に使用される。例えば埋立事業のように、将来のある時点において収益がめがり、そのことに対して、現在の投資の経済性が問題にされる場合である。10年後の将来、 $1m^3$  400円で売却可能の埋立地を今300円で建設することの良否を判断する場合である。これは、等価の同一額毎年費用に換算することは不合理であるばかりでなく、意味がない。ある特定の期日における等価の一括払いに換算する方がよい。この場合、その期日は投資することに予定されている時点、すなわち多くの場合現在が一番よい。ときに売却時に換算されることもあるが、それは便利な期日でよい。一般にその手順は、つぎのように行なう。

(1) その資産の獲得によつて得られる収益の金額および期日の見積り。

(2) 同損失または支出の金額および期日の見積り。

(3) この資産の獲得に要する投資の危険に照らし、客観的に妥当性を有す

る最小の魅力的公共利益の決定。

(4)、(2)の現価に対する(1)の現価の超過分たる純現価を決定する計算。

もしもこの資産を獲得するために要する投資額が、(4)に求めた計算値より大ならば、この投資は経済的でないことはいうまでもない。このような考え方は1)のところで補足説明した災害の見積りの場合にも応用できる。ある種の防災事業を考えてみよう。今、天端高+4.00mの防潮堤がありこれを+7.00mの天端高に改良したいということが起こる。30年に1回の確率で起こる高潮の被害から護るばかりでなく、50年に1回程度の異常潮位の場合にも保全したい要求のあるときである。このような場合、便益を毎年均等に接分して考えることは不合理であり、輸送費の節約を目標とする岸壁の場合と性質が違ふことは、詳しく説明するまでもない。

現価法は1)のところでもちよつと触れたが、構造物の妥当投資額を推定する際に用いられる。ある種の港湾施設が恒久的耐用年数をもつものとするれば、予想される節約額を最小の魅力的公共利益率で除すれば、その節約を実現するための妥当建設費が概定される。たとえば、毎年、20,000<sup>m<sup>3</sup></sup>の維持浚渫を行ない、その費用に毎年3,300千円を要するある港において、何らかの恒久的施設を施して、埋浚土砂を無くするためには、どの程度までの金額の投資が許されるかを調べるときに用いられる。逆に、恒久的に維持を要しない施設を建設する費用がわかつて、その経済性を検したい場合にも用いられる。

表 1-8 維持浚渫の費用および代替的に建設する恒久施設の費用比較

利 率	維持費の現価		瀬割堤の 建設費 C	比 較
	恒久的 A	50年間 B		
3%	110,000 千円	84,909 千円	55,000 千円	Cの方がAより55,000千円有利Bより約30,000千円有利
6	55,000	52,014		大体同じ
8	41,250	40,369		A, Bの方が有利

表 1-8 は、年年の維持費の現価を利率の差によつて計算したものであるが、A の場合で利率 3% とすれば、恒久的施設として瀬割堤をつくることが有望のように見える。しかしこのような用法は、あくまで目安をつくる便法として用うべきである。実際、仮定する利率の差によつて大きく変動する妥当投資額担当額と見られる維持費の現価は、一体何を示すのか理解に苦しむ。50 年間の命数が保証された正当の設計が C であるなら、B と C との比較は意味のあるものである。しかしこのような瀬割堤の建設が人間・社会の目的に正しく合致しているかどうかは、表 1-8 の B, C の比較ではなされていないのであるから、このような場合、正当に見積られた毎年の費用と建設費の毎年の費用とを比較するイ) の方法が、さらに用いられなければならないのはいうまでもない。

#### ハ) 予想利益率

費用比較の前 2 者は、最小の魅力的公共利益に相当する利率  $i$  がすでに仮定されて作業が進められたが、埋立地のように売却物に関する経済性が問題にされるとき、また目的が一定で、とられる手段が経済的に低廉であればあるほどよいといった場合には、一般企業と同様に予想利益率をもつて投資に関する魅力性が考究される。この場合、考え方は極めて企業的で

ある。港湾管理者が坪 2,400 円で土地を建設し、8年後に 3200円 で売却したとする。将来の予想収入および予想支出の現価を各種の利率で計算し、純収入の現価を表示すると次のようである。

仮定した利率	売却による純収入の現価	
6 %	1,882 円/坪	(569 円/m <sup>2</sup> )
4	2,192	(663 “)
3	2,368	(716 “)
2.5	2,462	(745 “)

2400 円/坪の建設費では、予想利益率は 2.7% 位と想定される。価値の時間的变化を考えないとき、3割強の収益がありそうに思われたが、この事業の予想利益は想定より少ないことがわかる。このように仮定された利率を用いて現価を求め、事業の妥当性を検すること以外にも、このような予想利益率を使用することがある。また二つの貨幣時間系列を比較する方法としても用いられる。このことは二つの構造物が互いに等価になるような利率を求める方法とも考えられる。このような場合には、建設投資が高く毎年の支払が少ない方法と、建設投資は安い毎年の支出が多い方法とを比較する普通の状況では、等価ならしめるような利率は建設投資の高い方法の超過投資額に対する予想利益率だと考えることができる。例えば

表 1-5 に示した事例では、コンクリート製棧橋の超過投資額 5 万円の予想利益率が 5.6% であることを示す。この意味は、最小の魅力的公共利益率が 7~8% でなく、5.6% 以下ならコンクリート製棧橋が有利であり、投資額の超過分 5 万円は他日の利益となつて償われることを意味するから、5.6% という二つの構造物が等価となる利率は建設投資の高い方法すなわちコンクリート製棧橋の投資額超過分 5 万円の有利となる限界の利益率を

示すものといえるのである。

またこの例において、予想される利益率が最小の魅力的公共利益率 $\gamma \sim 8\%$ を超えたとき、超えた部分を特に超過便益率と呼ばれることがあり、企業の利潤、 $\pi$  利益率に相当するものと考えられる。

このような考え方は異なつた事業間の比較に用いられる。このように予想利益率は、改良・増設など追加投資の妥当性の可否を判断するとき、異なつた時間系列または異なつた事業間の問題を港湾技術において取り扱われるときに有効に用いられる。

以上において価値比較の基本的な三つの方法を概説的に述べたが、すでに明らかなように、この三つの方法の中、いずれも他の二つの方法に優越するものでなく、用いられる性質によつて、それぞれの特徴が発揮される。「一体何故それが………」というような疑問に対しては、予想利益率を用いる方法が採用されるであろう。というのは行なわれようとする事業の投資に対する利益の度合が測られ、公共の利益または収益を得る度合の大小が論ぜられるからである。港湾事業の成果による経済効果を推定するとき用いられる超過便益比率が、このような目的のために使用されている。これは予想利益率が最小の魅力的公共利益率を超過する比率をもつて測定される。したがつてこれが1以上となる事業は妥当であると判定されるのである。これについてはオ5章§7でさらに述べることにする。

将来のある時点において収益または損失が予想される場合、また、現在投資と繰延投資との比較のように不規則な支払系列を伴う諸方法を比較するときは、(四)の方法が採用される。この方法は「何故今これを………」という疑問に答えてくれる。その他の一般の港湾技術上の大部分は、毎年の費用比較法を基礎として行なうことが妥当のようである。この方法は、「何

故この方法で……」といった疑問の問題にこたえられる利点をもっている。  
費用の毎年比較をするに当つて従来用いられてきた方法は、間違いが多い  
ようであり、統一された理論構成もなかつたようである。正確には資本回  
収係数  $c \cdot r \cdot f$  を用いて、理論的に正しい、等価の同一額毎年払い方  
式によつて、港湾技術の諸問題を論ずるように習慣づけられるべきものと  
思う。

以上は、港湾技術の使用される分野において、まずその目的を定量的に  
把握することが必要であると主張し、その方法論として、一般企業、もし  
くは経営管理に取り入れられている諸概念を導入しようと試みたものでは  
あるが、港湾技術が多く使用される分野すなわち国の立場で「港湾をつくる」  
場合に適用する場合決して容易ではない。そのため費用とか物の価値評価  
にめがつても、最小の魅力的公共利益率という新しい概念を導入せざる  
をえなかつたのである。港湾技術の多様性は、常に国の立場でのみ使用さ  
れることとは限らないのは勿論である。一般企業で考察される場合もある。  
このときは、前述したように、使用される港湾技術は、他の生産設備に用  
いられる技術と同様に観念される。この場合は、企業の採算性、利潤の追  
求という比較的明確な目標が与えられるので、基準も考察し易いと思われ  
る。最小の魅力的公共利益率に相当するものは、わが国の場合 10% ~  
15% 位と想定されるが、事業の規模、将来の生産拡張計画、資金調達  
の方法などによつて決して一様ではない。また、企業の性格などに関係して、  
経費の割掛を相当考慮しなくてはならないので、利率の見積りに一様性を  
設けることはできないし、逆にいえば、それだけ緻密性が要求される。利  
益の評価も、荷役費、輸送費などの節約の程度が比較されるが、この場合、  
全生産機構のレイアウト (Layout) の一貫として評価することが必要で



ある。たとえば鉄鋼石を陸揚げする岸壁を作る場合でも、鉾石の山元の生産状況、輸送船の規模、輸送方法、陸揚げ方式、貯鉾場より高炉投入に至るまでの全過程において、最大の経費の節約がえられるよう考慮して評価しなければならない。一般に、取り扱い貨物の屯当り単価が比較的安く、かつ大量な場合ほど、この見積りは正確でなければならない。そのことは、企業の最大の目標の一つである生産コストの引き下げに、この種のものほど生産原価に対して輸送費の占める割合が大きく、この部門の節約が大きな影響を与えるからである。

### 第 3 章 港 湾 技 術 上 の 問 題 と

#### その 処 理 方 法

##### § 1. 港湾技術上の諸問題の分類と意義

人間社会の要請する「よりよい港湾」をつくりあげるために港湾技術が存在するものであることは、もはや疑いの余地をはさまない。しかし港湾技術を正しく発展させ、実際に「よりよい港湾」をつくることに役立たせるためには、それを用いるいわゆる多くの港湾技術者の間で、技術者としての使命の意識がはつきり確認されねばならない。それは港湾技術者の立場と目的の明確化であり、前章までにその方法論を述べた。このことは港湾技術を人間社会の経済的目的達成のための生産技術(Production engineering)の一つとして改めて認識しようというものであるが、本質的には、別に新しいことを提案しているものではない。すなわち、他の生産技術と同様に、動かない物としての材料、動くものとしての機械や施設、合目的な行動をとる いう人間の三つの要素を合目的にいろいろ結合して行く過程(Process)を合理化しようとするものに外ならない。しかし、その間に存在していたあいまいさを除去するために、つぎつぎにいろいろな仮設をたてて問題の内容を整理し、かつこれを定量化していく努力をしなければならない。すでに前章までにおいては、港湾技術者の人間的行為の段階においてそのような試みを行なってきたのであるが、つぎに対象となる港湾技術上の諸問題について实际的に、同様な観察を行なってみよう。すなわち、すでに立場が確立され、行為の目的が明確にされている港湾技術者が、取り扱わねばならない問題とはいったいどんな内容をもっているか

ということである。このように、対象となる問題の性質と内容を明らかにして、その背後に流れる法則性を洞察し、それをさきに確立した人間・社会の要請する事柄と結び合わせ、合目的性を科学的に追求していこうとするのが、本章以下の主な目的である。

つぎに挙げるいくつかの事項は多くの港湾技術者が自分達の解決を要する問題として取り上げているものの代表的なものと思われる。すなわち、

- (1)いかなる種類の港湾をどのように全国的に配置すればよいか。
- (2)その規模をどのように定め、何時から、何時までにそれを整備すればよいか。
- (3)輸出用の埠頭の数と陸上埠頭施設の配置。
- (4)防波堤の天端高もしくは防潮堤の高さの決定。
- (5)将来の港湾の拡張の予測と埋立法線の設定。
- (6)軟弱地盤上の岸壁の設計。
- (7)構造物の安全率はどのように定めたらよいか。
- (8)能率のよい設計法。
- (9)安い構造物。
- (10)能率のよい施工。
- (11)ケーソン製作設備の方式。
- (12)作業用機械施設の新造改良。
- (13)請負工事の監督の方法。
- (14)均一の品質をもつコンクリートの製造。
- (15)職場の安全管理。
- (16)規律と秩序ある職場の維持。
- (17)工期に間に合う材料の購入と適性を保持。

## 11 機械施設の適性を維持管理

11-1 計画どおり実施されているかどうかの監査の方式。

11-2 計画どおり港湾施設が利用されるかの予測と利用されている状況の調査。

11-3 人間・社会の要請どおりに港湾がつくられたかどうかについての評価・  
等等。

直轄港湾技術研究会では、このような数多くの港湾技術上の諸問題を発生する分野によつて表1-9のように計画・建設および港湾経営の3部門に大分類し、これをさらに細分して、港湾技術の内容とした。このような分類でもすでに気付くことであるが、港湾技術上の問題として取り扱うことになる分野は、例えば、風波・沿岸の流れ・漂砂・地震または地質・地形といった海象・気象などのあらゆる自然現象の中に、政策・生産・輸送もしくは労働という政治・社会・経済の諸問題を適応せしめようという極めて複雑な技術の側面をうかがい知ることができるのである。したがつて、土砂・コンクリート・鋼材・木材などの材料を使い、浚渫船・抗打船・ミキサーなどの機械や作業船を用いて、単に物をつくるという単純な生産技術では決してない。このことはまた、背景となる科学の範囲の広いことも意味する。事実、上述した港湾技術上の代表的な諸問題を基礎となる科学の別にその要素を分析するとき、人文学的要素・自然科学的要素・社会科学要素・工学的もしくは物理学的要素・経済学的もしくは経営学的要素・法学、または行政学的要素などにわけることができる。実際港湾技術の問題を処理しようとするとき、それらの諸科学の豊蔵する諸知識を知

悉しなければ、完全な港湾技術の適用は不可能視されるに至っている。

港湾技術上の諸問題のこのような分類は、起こりうる諸問題の存在領域の広さを示すのには便利ではあるが、人間社会の要請に答える有用な港湾技術としての、発展的な役割は薄いようである。このことは、緒論およびオ1章において港湾技術の観念論的な論議が港湾技術の発展に対して大きな力を示さないと主張したことと、同じようにして説明される。すでに、オ1章で述べたように、「よりよい港湾」をつくるという自己目的意識が港湾技術者によつて内包されている限り、どのような種類の問題が提起されても、それがどのように分類されるかは、あまり重要でない。活発な港湾技術の展開は、港湾技術者の外界への積極的な働きかけそのものである。したがつて本節の始めにあげたような問題は、港湾技術者の良心的な積極性によつていくらかでも数をふやして行くことができるであろうし、それは観念的な分類化を示す表1-9に示されていないことが生じることとも予想される。このように、港湾技術上の諸問題は、港湾技術者の人類福祉への寄与という純粋な目的意識のもとに、つぎつぎと提起されていく性質のものであることに注意する必要がある。このように考えるとき、表1-9で述べた分類とは別に、問題の発生過程からつぎのように分けることもできる。

(1)絶対的な問題または要請されている問題。

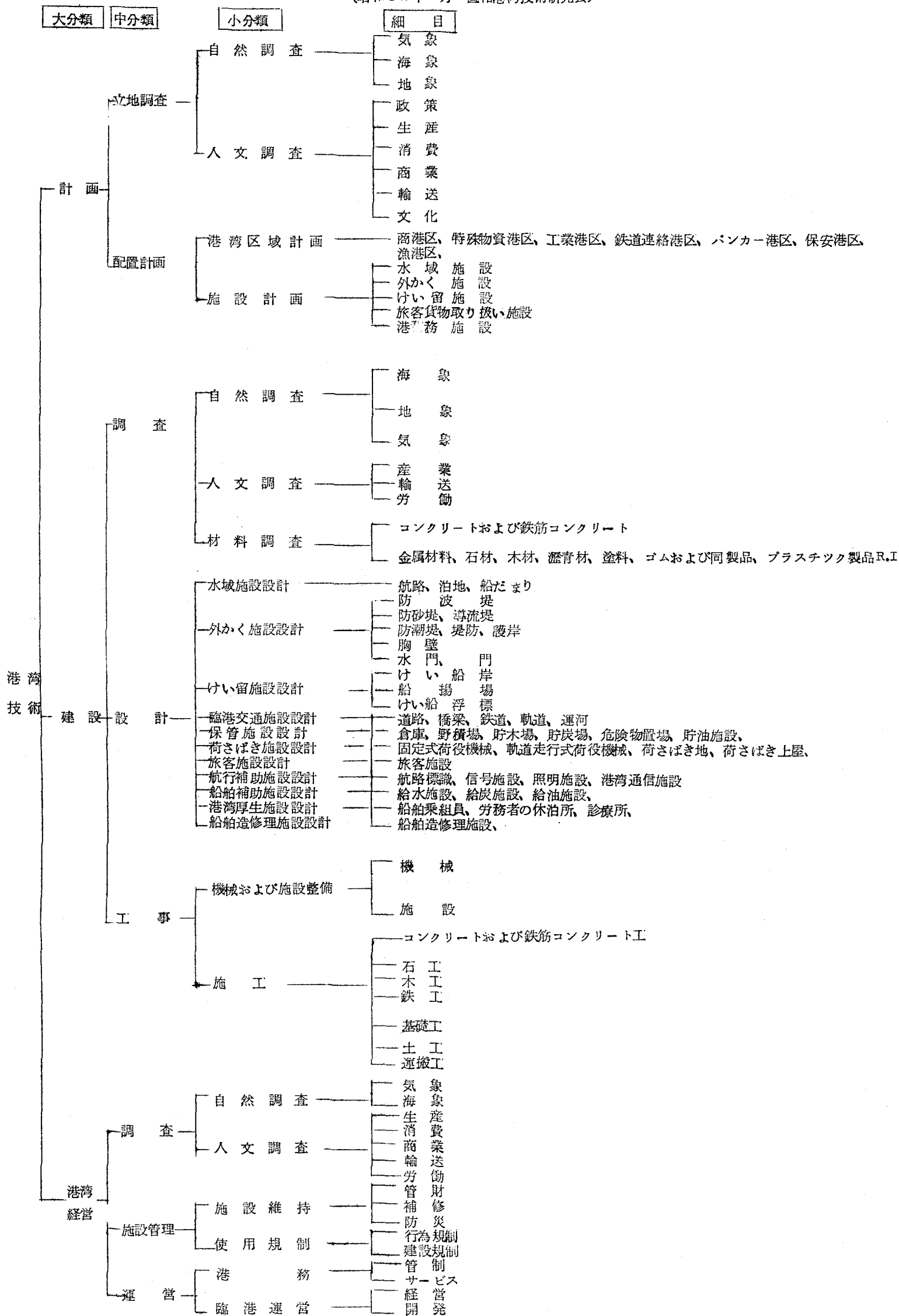
(2)改良または向上の問題。

(3)関心または関連する問題。

(1)はぜひともある条件で実現しなければならない問題である。今まで述べてきたところからいうと、港湾技術者としては受身の問題であるが、緊急性を有している。期日の限られた施設の建設問題や労働問題など、現

表1-9 港湾技術の分類表

(昭和32年7月 直轄港湾技術研究会)



実的に極めて多いものである。

(2)は港湾技術者が(1)のように問題に追いまくられることなく、常に事業を把握し、積極的に人間・社会の福祉に貢献していこうとする問題である。本節の始めに掲げた問題の例示の中にはこれに属するものを含んでいるが、港湾技術者の理想的なあり方からいうと、(1)の問題を多くかかえておくことから、速かに(2)の問題を多く取り扱う段階に移行することが必要である。

(3)は直接には港湾技術に関係することは少ないが、港湾技術者が広い視野で活動するのに必要な問題である。例えば、国内輸送の見透し、石油産業の盛衰に関する予測、原子力産業の発展とかいつた問題である。このような問題を取り扱うことは往往見忘れがちであるが、港湾技術を幅広くかつ奥行き深く発展させるために大切なことである。

また問題を時間的な問題、場所に関係する問題、人間的な問題、あるいは質とか量とかの問題といった具合に分類することもできる。このことは、時系列の問題、または全国的な問題と地方的な問題、さらに、労働心理学上の問題とか感情の問題とかに分類しえて、問題の核心を求めて行くのに便利な分類法である。

常に忘れてならない分類上の基本原則は、目的との関連において、その大小関係を判別しておくことである。すなわち、目的に直結している問題と、そうでない問題とは、明瞭に区別しておかねばならない。技術上の問題を扱うとき合理性より目的性の方が強く要請されることがある。それは科学の世界では合理性が優先されても、港湾技術の場合では合目的性追求のための法則性が強く評価されることに注意しなければならない。例えば、コンクリートの品質を均一にしようと試みても、それは、才1章に述べられたような立場と目的のもとになされるべきであり、ただ、均一にするため

に一切の技術者の行動が決定されていくということは、好ましいことではない。科学的に真理を追求していく基礎的研究と、実用化への方法を研究する応用的研究と、合目的性を強く追求する技術的な立場とは、区別しておく必要がある。技術的な立場でも、処理する立場で問題を分類することができる。それは、単に技術上の問題として取り扱われる性質のものか、オペレーショナルな問題か、また政治的な解決を求めた方がよい問題かを区別することである。このことは重要なことであるが、本論では、技術上の問題として扱いうる範囲についての方法論を、提示するにとどまっている。したがってオペレーショナルな問題のデシジョン(Decision)は決定者自身の問題として、また政治的な問題は国民の代表者間の問題として別個に取り上げられるべき性質のものである。しかし、港湾技術の方法論の体系化は、このような決定者のもつ価値観もしくは決定者の処世方針をも、技術的方法論の結果に漸次近づける役割りを果たせようと思われる。

合目的性と処理する立場に関連して、他の分類があるが、それは港湾技術者の行動の態様に関するものである。すなわち、「よりよい港湾」をつくるのが、現在の事象に対して何らかの改善を加えて、将来において公共の利益を最大にしようとするもの、またはそれが最小の努力でなされることに問題の重点がおかれるもの、努力に対して得られる公共の利益の割合の大きいものが希望されるものといった具合に、問題の解ける方向、いい換えれば、港湾技術者の行動の指標ともいえるべきものによる分類である。

最初に述べたように、「よりよい港湾」をつくるという港湾技術者の積極的な自己意識が、自然・社会の諸現象とぶつかり合い、その中に港湾技術を必要とする問題を見出すこと自体が大切であることはいうまでもない。



## § 2 諸問題の処理方法

前節において港湾技術上における諸問題の性質と内容を明らかにした。そしてその性質と内容とからいろいろ分類してその意義を述べたのであるが、ここでは今後、目的との関連においてある種の問題がとらえられたとした場合、それがどのように港湾技術者によつて扱われて行くか、經過的に考察してみたい。まず、行なわれるのは(1)問題の定義づけである。このことはすでに§ 1.で述べたとおりであり、いろいろの問題を処理するとき、まずはつきりしておかねばならない事項である。このことが行なわれれば、以下つぎの順序で処理されていくのが普通である。

(2) 現象の観察。この段階は極めて直観的である。意味のある過去の事実とそれらの間に底流する規則性・類似性の発見、あるいはパラメーターの発見とその評価が、この段階の重要な要素であるが、無駄のない適確な資料の蒐集と整理およびその精度が港湾技術者の能力とともにその効果を左右する。

(3) 仮説の設定。この段階は、観察結果を説明するために、調整可能な因子もしくはパラメーター、または調整不可能な因子またはパラメーターを用いて、相互の関係をいい表わせないと考慮し、仮説を設定する。(2)の現象の観察と常に併行して行なわれる。

(4) 観察。実験による仮説の検討。そのような仮説が、理論的に成立するのかどうか、また理論的に成立し得ても実際ではどうか、さらに、理論的に成立することが証明できなくとも、多くの観察結果はどうか、また実験的にはどうかということが検討される段階である。このような段階を経て、仮説の成り立つことが保証されたなら、われわれは、制御しうる因子またはパラメーターを動かして、合目的な現象を出現

させるための方法を、制御しえない因子またはパラメーターの存在を意識しつつ求めていくことができるわけであるが、合目的性を確認するために、その定量的な価値基準を設けておく必要がある。

(5) 価値基準の設定。このことは、オム章において港湾技術の目的を明確にするため性質と内容を定量的にはつきりと定めることが必要であると述べその方法論を提示した。

(6) 計算。この段階は与えられた目的が得られるようないろいろと対策をたててみて最適方法を選択する段階である。いわゆる問題を解く過程である。

(7) 予備的決定。港湾技術上の諸問題は、一般に(1)～(6)の段階を経て解かれてくるわけであるが、その問題ズバリが解かれうることはまれである。それは港湾技術上の諸問題の多くが複雑であることに關係するが、そのために現実とは若干遊離した、モデル化された問題の解であることが多くなる。そうでなくても、技術的な解は、そのまま決定者のなしうる決定とは必ずしも一致するものでなく、むしろ別個のものであることは、特に注意を要することと思われる。

(8) 実施のための計画立案。実施計画の要領の中には、少なくともつぎのような要素が明らかにされていなければならない。すなわち、

- (1) 目的の明示，            (2) 行動の難易，
- (3) 行動の内容，            (4) 組織および協力関係，
- (5) 行動の制約条件または自由性，
- (6) 行動の変更に関する手続。

などであるが、行動の内容は、何時、どこで、誰が何を、どんな方法で行なうかを、明らかにすることが必要である。

(9) 実施と評価。このことは問題の処理方法の論議とは別な事項のように扱われがちであるが、問題の処理自体に科学性を追及する場合、切り離せない問題である。すなわち、問題が計画されたように解かれたということは、適正な実施の上に積み上げられた結果の評価をまつて始めて確証される。

ある構造物が社会の要請している形においてつくられることとなつたとき、港湾技術者によつて適正に見積られた安全率を有する構造物に用いられる部材の品質は、均一に管理されるばかりでなく、生産されたものは計画どおりの強度と社会に対する効用が発揮されているかどうかをチェックされなければならない。このように、合目的性の観点から総合的にコーディネートし、正しく問題が処理されたと確証を持つことによつて、使われた港湾技術の有用性が認識されることに注意を指摘したいと思う。

以上港湾技術上の諸問題を処理する方法について、基本的な事項を過程的に述べたのであるが、実際に処理するとき用いる有用な考え方の2～3がある。それを項目的に列記すると次のとおりである。

(1) その問題はすでに解かれていないか；思い出さないか；文献にないか  
あの人ならこの種の問題を取り扱つたことがあるかも知れないという人がいないか；またその人は前2者のことについて何か知っていないか；解ける人はいないか。

(2) その問題に似た問題はないか；形は違うけれど、底流している事柄が似ている問題はないか；あるとすればその問題はすでに解かれていないか；などのことについて(1)にもどつて検討する。

(3) 問題をもつと小さく扱つてみた場合、(1)、(2)の事柄に該当するものは

ないか。

以上の過程を経ても、なおかつ処理できない問題は、解くためにいろいろと方法を考えねばならないのであるが、その場合注意する大切な事項はつぎのとおりである。

- (1) 順序 - イ) やさしいものから、ロ) 重要なものから、ハ) 急ぐものから、ニ) 特殊のものから、ホ) 部分的な問題から。
- (2) 集中 - 一つのことばに考え抜く（心の中に年中めづめづめおき、外界のいろいろな刺激にぶつかる）、また、多数の人とその問題について討議する。この場合、どういう種類の問題だか明瞭にしておくことは、§ 1で述べたように絶対に必要なことである。
- (3) 五感の活用 - イ) 事象を足と目で実際に究む。ロ) 図で表わしてみる、ハ) グラフで描いてみる、ニ) 記号で表わす、ホ) 数式化する、ヘ) 模型をつくつてみて試めす。
- (4) 変換 - イ) 条件を変えたらどうか、ロ) 条件の各部を分析する、ハ) 似た性質の問題を知らないか、ニ) 問題をいい換えることはできないか。ホ) 問題を小さく分けて考えたらどうか、ヘ) 問題を大きくまとめたらどうか。
- (5) 相関 - イ) 他の問題と関係がないか、ロ) 時間とともに一定の動きがないか。
- (6) 単純化 - イ) 問題のいくつかの条件を捨てて単純化したものについて解けないか、ロ) ある条件をそれに付与したらどうなるか。

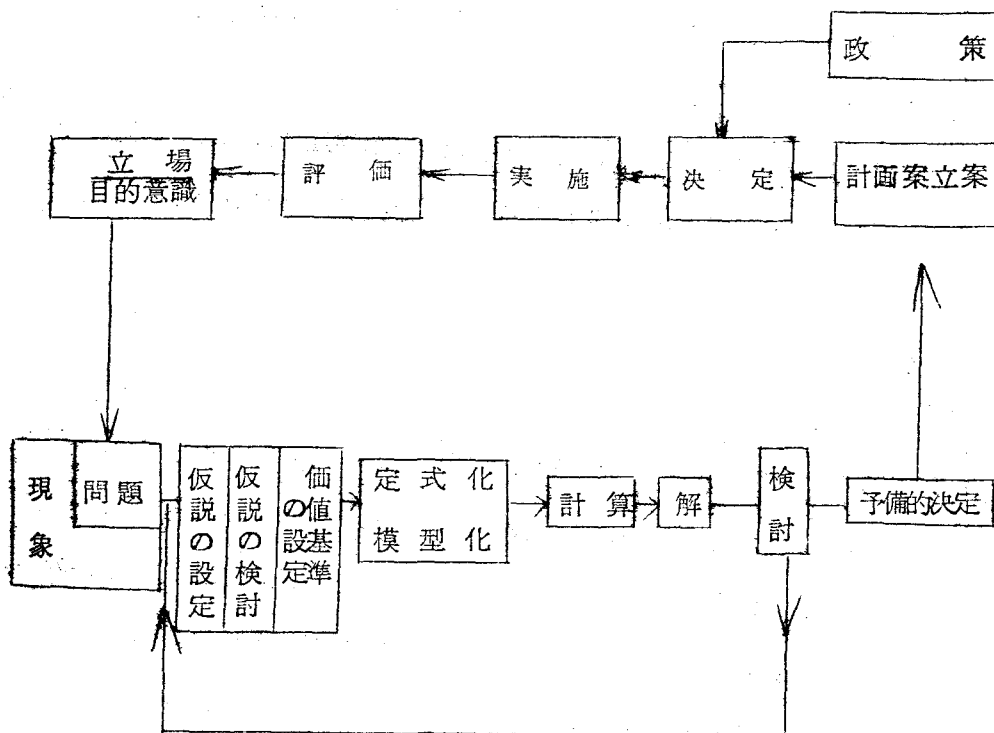
などである。これらのことは、極めて経験的であるが、問題を処理す

る上に多く用いられながら、体系的に使用されることの忘れられがちな項目である。

このような考え方を幅広くかつ深めるために、違った分野の人の協力を積極的に仰ぐような態度が好ましい。それは常に広く柔い状態におき、視野を広めさせるという副次的な効果をもたらすばかりでなく、自己の内省において他からの示唆が連鎖的に新しいアイデアを生む大切な動機を与えるという多くの人の経験は特に重視する必要があると思う。

問題処理の体系を、才1章の終りで述べたことを考慮しながら図表化すると、図1-5のようになる。

図1-5 問題処理のサークル



## 第4章 現象の定式化と問題のとらえ方

### § 1 現象の定式化と模型

前章において、問題の処理に関する方法を、経過的に経験的な事項を折込めて概観したのであるが、港湾技術者が常に目的意識を保持しつつ、与えられた現象にぶつかり、そこに問題を積極的に見出して行くことが港湾技術の進歩に対して決定的な役割を果すものであることを強調した。そのことは港湾技術者が現象をどう観察し、それを分析し、事象の因果関係・対象をどのように明らかにしていくかという問題であることを指摘した。いいかえれば、いろんな仮説の設定、そして現象の再観察もしくは実験の繰り返しが問題の発見に結びつくものであることを述べたのであるが、本章では、その問題の発見に至るまでの道程において、どのようなことが考慮されねばならないか、換言すれば問題の発見に必要な方法論を前章をうけて述べてみたい。

個々の人間の頭脳に伝わる映像は感性によつて着色されて、しばしばマチマチな表現がなされる。例えば、ある港における船舶の入出港の状況をみて、ある人は「相当混雑している、何らかの対策を考えねばならない」と思うであろうし、別な人には「この程度の混雑はむしろ、港が有効に利用されている証左である」と受け取るかも知れない。このような両者の間で港湾施設の整備改良計画が論ぜられても、お互いの感情に訴える以外に方法がない。この種の問題を、だからといって、すぐに政治的解決に持つて行くならば、港湾技術の入る余地もなければ、その正常な発展も期待しえないのである。このことは、何らかの共通した用語をもつて、厳密に現象なり問題を表現しなければならない。しかもその表現は、簡略で、普遍的なものでなければならない。この条件を満足するのは、つぎの三つである。

### (1) 画 像

これは、絵や写真のように、現象をとらえることである。時間的に現象の変化をとらえようとすれば、映画やスライドを用いることもできる。現象をそのまま正しく表現することにおいては優れているが、画像としてとらえることのできない事柄、すなわち現象の底に流れている法則性、または、抽象的な現象を示すことは困難であり、また記述的なことから必要な面だけを強調したり、不必要な要素の除却ができない。この故、問題を適確に説明することが容易でなく、観る人の主観に委ねているままになっている欠点を有している。

### (2) 図式またはグラフ

現象の特性値が時間または他の要素の変化とともにどのように変わっていくかなどを示すのに容易であり、また直観的に問題を提起しうる長所をもっている。また現象を左右している簡単な機構を知ることにもできる。しかし、複雑な機構を説明したり、現象を形づくっている要因間の変動によつて現象をいろいろと変化させて合目的に問題を解くという具合に、発展的に使用するには不十分である。

### (3) 記号または数式

数値もしくは普遍的な文字で表わした現象の特性値を関係式で結び合わせる方法である。この方法は数多い変化に対して現象を実現させることが容易にでき、現象そのものが有している自然法則を見出し、技術者が行動指標を求めるに有用な場合が多い。特に数字として究わめられている約束や法則を自由に駆使することによつて、現象では実現しえない事象をも想定することができて、問題処理に有用な役割を果しうる。

以上三つの方法は、それぞれの特徴をもち、どれでなければならないとい

うことはないが、現象を科学的に表現すること、すなわち現象の定式化 (Formulation) ということがまず必要である。ある種の問題は、このような定式化が困難である。定式化は不可能でないが、定式化しなくてもよい場合もある。例えば、安全管理の問題とか、ある種の人物評価または港湾の外形を美しく整えるといった問題などがこれである。このような場合、必然的に、直観的経験的に問題を処理しなければならないのであるが、これは人間的な問題特に官能的な問題に多い。

現象を(1)、(2)、(3)の手続きによつて表現されたものを、模型 (Model) と呼んでいる。多く用いるのは上述したように、数値模型・数式 (数字) 模型である。このように模型化を試みるのは、現象を記述するだけではなく、説明しやすい型にしようとするところから起こつたものであり、現象の予測もしくは制御がそうすることによつて一層容易になるためである。このように模型化された現象の一つの因子を変化させることによつて、他の因子の変化もしくは全体がどんな具合に変わるかということを経験的に知ることができる。直接現象に働きかけることが困難な場合、このような模型化は特に威力を発揮する。

模型化の特徴的な他の一つにつきのようなものがある。

#### (4) 類似模型

これは、(1)、(2)、(3)で表現できない現象を、実際に、似通つた模型について再現してみる方法である。このことは、港湾技術においても従来からしばしば行なわれているが、防波堤の遮蔽効果や位置に関する法線を定めるのに縮尺の小さい模型水槽で再現したり、管内を流れる流体の運動を針金の中の電気の「流れ」に再現し、現象に流れる法則性を検証するのと同じである。図式またはグラフによる模型化をこの類似模型の範ちゆうに入れる人もいる。



模型をつくる方法から、つぎの二つに分類することができる。

(a) 決定的模型 (Deterministic model.)

(b) 確率的模型 (Probabilistic model.)

(a) は現象そのものを模型化してしまう方法であつて、数値的ともいわれる。これに反して(b)は、現象の一部を知つて、全体の対象を確率的に知ろうとするものである。さらにこの方法は、現象の一部にとどまつて、全体の対象を確率的に知ろうとする模型と、現象を支配する法則性を現象の一部から仮定して、その仮定に基づいて全体の対象を模型的に実現し、現象全体を観察していこうとする方法がある。後者にモンテカルロ法などという特殊の技法があり、最近ではシミュレーションモデル (Simulation model) と呼ばれる類似模型 (もしくは、擬体模型) が発達してきている。土木技術の中では、交通問題の処理などにすでに用いられているようであるが、この方法は必ずしも確率的なことを要しない。ということは、シミュレーションは現象の定式化そのものにはあまりウエイトをおかず、現象になるべく近づけて何らかの方法で再現させる。すなわち、現象をまねて実験し、実験結果から現象を説明したり、何らかの経験法則をうかがい知ろうとすることに本来の意義があるので、方法論そのものは、どうでもよいということになる。

## § 2 統計的手法と種類の推定法。

前節に述べた現象の観察分析もしくは現象の定式化は、画像模型のある種のものを除いては、現象の記述、さらに進んで、説明的な記述によつて行なわれる。このとき、統計学の知識を欠くことはできないが、用いられる知識を大別すると、つぎの二つである。

### (1) 記述統計学

現象のもつある標識についての統計値を記述するものである。一般に、その統計値そのものでは、現象についての知識が得られないので、指数表示したり、統計値間の比較表示をしたりして、現象を説明しようと試みるものである。

記述統計学で有用な他の概念は、相関関係である。現象を表わす一つの変数が他の変数との間にどんな関係があるか、またそれがどの程度のものであるかを知りうることは、現象を理解し管理統御するのに大変役立つ。相関係数は、その相関の度合を示す重要な概念である。

以上の記述統計学の知識による現象の再現は、説明的であるよりも記述的である。したがって、現象をあるがままに記述しようとすれば、標識も階級も統計値も極めてほう大なものになり、現象そのものがかえつて把握できなくなることがある。このような方法における少ない資料は、全体の正しい現象を十分に説明することができない。一般に資料を多くすれば、費用は増加するが、それによつて得られた多くの資料が現象を比例して正確に記述するという保証は必ずしも与えられない。このような欠点を補うため、推測統計学が発達してきた。

## (2) 推測統計学（推計学）

特定の観察された集団資料から、その集団の属する一層大きな未知の同種集団、すなわち母集団の上に一般化を試み、観察された小数の集団資料を確率法則その他数学の諸知識を用いながら正確に取り扱うことによつて、母集団に関する知識を豊富にしていこうとするものである。一般に港湾技術の対象となる問題は、自然・社会とかいつた広汎な複雑な現象の中に存在し、母集団そのままを把握することは困難である。またそのまま取り扱つたところで、現象の定式化などは容易でなく、正確性もそれだけ高められるかどうか

狭わしい。また記述統計値として僅かに「港湾統計」の資料があるだけで、これだけで港湾技術のあらゆる問題が説明されることはない。たとえこの統計値を使用していくにしても、われわれは推測統計学の知識を広く導入しなければならぬわけである。この科学は確率論を基礎に発達してきたものであるが、その進歩の傾向からつぎの三つに大別しうるようである。

(イ) 標本抽出理論。一般に母集団の中から抽出した標本の数が多ければ多いほど、母集団の特性を知ることが理論上できるはずであるが、破壊試験を伴う材料の品質管理の例のように、サンプル数を増すことは、管理そのものの意義を消滅させてしまう。このような特例を除いても、調査の費用がかさみ、資料の管理がむずかしく、整理が繁雑になる。したがって、許容しうる誤差を設定することによつて、資料数を減じ、安く、早く、必要最小限度の母集団の知識を知ろうとするものである。

(ロ) 統計的仮説の検定論もしくは推定論。これは標本の知識から母集団の特性値を信頼度をもつて推定しようとするものである。逆にいえば、標本の示す特性値が母集団のもつ特性値の一部かどうかを確率の諸法則を用いて信頼度をもつて検定しようとするものである。もしこのような関係が明らかにされれば、われわれはその標本の性質を詳しく調べることによつて、母集団の知識を豊富にすることができ、また、進んで現象の管理まで可能となるわけである。

(ハ) 実験計画法。母集団の特性値を構成する要因間の変量の関係を積極的に求めて行くために、小数標本をどういふように構成していつたらよいかを考察するものである。逆に考えれば、現象の特性値を管理したとき、それを構成する要因の変量をどのように組み合わせればよいか、などに利用できる理論で、品質管理などには欠くことのできない推定法である。

われわれが現象を観察し、分析しようとするのは、何らかの目的があつての上でのことであり、単に現象を記述するだけは、特別の場合を除いて、港湾技術上、意義をなさない。すなわち、現象の中に流れている何らかの法則性を見付けだし、問題となつてゐる事柄の解決の緒口を求めようとしてゐるのであるから、能率的な推測統計学の知識は、港湾技術の発展のための方法論の展開に必要にして欠くことのできないものである。

推測統計学は W. S. Gosset, R. A. Fisher, J. Neyman, E. S. Pearson などによつて創始され、第 2 次大戦を契機として著しく進歩した新しい科学の一つであり、すでに港湾技術においても、前述したように、Sverdrup and Munk などによる波浪理論や材料やコンクリートの品質管理などに応用されているが、全体からみれば、推測統計学の知識をベースにした合理的な港湾技術の活用例はまだまだ少ないようである。

### § 3 現象の分析と予測

現象の分析もしくは何らかの事象の予測自体が港湾技術の問題として提供されることも少なくない。しかし一般に、現象の分析および予測は、港湾技術の他の目的達成のための一つ的手段として問題となる、現象を認識するのに、そのままの形で直観的に把握しただけでは、普遍的な再現性もなく、港湾技術を適用するにも、合理性の保証が得られない。したがつて現象を説明するのに定式化が必要であり、さらに模型化することが有用であることを述べた。その場合、数値や式を用いて決定論的に模型をつくる場合と、新しい統計学の知識を用いて確率論的に現象を模型化する方法とがあることを述べたが、現象を模型化する手法を考究するのに、観察する立場によつてつぎの二つに分けて考えると、さらに便利である。その一つは、ある時点における現象を

定式化しようとする態度であり、他の一つは、時間とともに移り変わる現象を認識しようとする場合である。前者は現象の断面モデルを作成することに帰結し、後者は、時系列のモデルを考える問題である。次にこの二つの場合について、必要な手法をそれぞれ述べてみたい。

#### (1) 現象の分析

現在起きている現象には、それを引き起こしている幾つかの要因があつて、要因とその現象または要因間の相互関係を知ることによつて、起きている現象は何かということを説明することができる。われわれが現象を観察しようとする動機は、結局、そのような機構を知つて、好ましい現象を再現するには、要因をどういふように処理していけばよいかを知るためであり、よしんば、要因を制御しえなくとも、現象の輪郭がそのように把握できれば、対策というものがおのずからそこに考えられるであらう。例えば、コンクリートの強度や耐久性もしくは施工法に支障を与えないよう、ウオーカビリテイに関する性質を一定にしておきたいと思うが、それらの性質には、水セメント比・骨材の大きさ・F.M・練立時間その他数多くの要因が影響しあつてゐることは想像がつく。この中、管理できる要因を $X_i$ 、管理できない要因を $Y_i$ とすれば、特別に指定したコンクリートの性質 $P_0$ は、次式で示される。

$$P_0 = f(X_i, Y_i) , (i = 1, 2, 3, \dots, n, \dots)$$

.....(1-23)

$P_0$  を今コンクリートの28日強度であるとしよう、 $P_0$  については、28日強度をテストピースなどで試験することによつて、たとえ決定論的でなくとも、確率的に情報を得ることができる。しかしそれだけでは、港湾技術の適用も進歩も期待できない。われわれはさらに進んで、 $X_i$  とは何か、 $Y_i$  に属するものは何かを知り、またそれらの相互関係や要因間のウェイトなどを

確め、式 1-23 の内容を知ることによつて、 $P_0$  という現象を認識することができるわけである。このことは、 $P_0$  をある値に管理しようとする技術行為に対して、 $X_i$  を統御するか、または  $Y_i$  の値をどのようにするかによつて、それが確率的にどの程度まで可能かという保証を与えるものである。このような例でみられるように、コンクリートのある特定の性質、たとえば強度などは、打設されてから時間とともに変化していく変量であるが、28日間強度というものだけを考えるなら、過去・現在・未来を通じて時間とは無関係の問題である。

したがって、このような問題は、後述する時系列の問題とは異なつた種類のものであることがわかる。このように、時間と無関係な現象をとらえようとするときは、現象とそれに関係ありそうないくつかの断面のデータを集めることが、定式化もしくは模型を構成する際に必要となつてくる。決定論的に取り扱いにしても、また、少数の資料から母集団の物性値を知ろうとする場合でも、以上のように関係する諸量を数値または記号で表わし、既知のものと未知のものとを区別して、諸量の間に成立する関係を式 1-23 のように表現するのである。しかし、多くの場合には、現象を支配する諸要因は多くあり、かつ互いに複雑に関連しているので、重要な諸量のみを残して単純化を行なうことが、現象分析の基本的態度である。その方法の一つに次のようなものが考えられる。それはバラツキを、技術的に可能な範囲にまで拡げることである。それは管理できる要因  $X_i$  のあるものを管理できない要因  $Y_i$  の群に含ましめることである。

このような考え方は、実用的に極めて有用で、われわれは現象についてその実現値のバラツキの巾をさらに広くすることによつて、 $P_0$  の管理を少なくされた  $X_i$  の統御だけで行なうことが可能となる。またこうすることによ

つて、わずかのバラツキが増しても、工費を著しく節減することができ、設計・施工に支障を与えないことが多い。

このように港湾技術を適用させうるのも、現象分析データーが確実に蒐集整理され、現象の定式化ができていればこそである。一般に式1-23の表示は、前節までに述べたように、画像・図式・グラフ・数式・記号などのテクニックを用いて定式化するのであるが、一般に統計的手法がよく用いられる。その場合の手順は次のとおりである。すなわち、

1. データーを少なくとも50~100以上集める。
2. そのデーターを用いて現象を分析する。

そのためには次のようなことを行なう。

- イ) 度数分布を画いてみる、
- ロ) グラフを画いてみる、
- ハ) 層別してデーターを整理し、イ)、ロ)を繰り返してみる、
- ニ) 管理図を画いてみる、
- ホ) 要因別の度数分布を画いてみる、

3. 現象と要因、要因相互間の関連性をしらべる。

以上が現象分析の基本的態度であるが、式1-23において現象のある特定値 $P_0$ が $Y_i$ を含まないことがわかつたとき、変数 $P_0$ は変量 $X_i$ と関数関係にあるという。また多少の $Y_i$ が含まれていても、その影響が小さいとき、近似的に関数関係にあると認めて、問題进行处理していくこともある。このとき、関数型を求めるのに、最小自乗法などのテクニックが使用される。関数型は上述した二つの場合のほかに、現象が不明または未知のとき、経験的または理論的に妥当と見られる式を仮定式として利用する場合にも用いる。

最小自乗法は変数 $P$ と変量 $X$ との間に関数関係 $P=f(X)$ を想定したとき、

$P_i$ が $X_i$  に対する観測値であつて誤差  $E_i$  を含むとすると、

$$P_i = f(X_i) + E_i \dots\dots\dots (1-24)$$

となる。このとき関数 $f(X)$  を推定するには、推定式を $\hat{f}(X)$ とすると、

$n$ 個の $X_i$  ,  $P_i$  の組に対して、

$$P_i = \hat{f}(X_i) + e_i \dots\dots\dots (1-25)$$

とし、残差 (Residual)  $e_i$  の2乗和  $\sum e_i^2$  が最小となるように、推定式  $\hat{f}(X)$  を決定しようとするものであり、非常によく用いられる手法である。このような概念は、仮定した理論式が現象に対してよく当てはまるかどうかを検定する際にも用いられる。

確率論的に現象を説明する場合には、確率密度を関数型に表示しようとすることがある。確率密度関数と称されるものがこれであり、変数 $X$ についていろいろな値をとる確率が定まつているとき、この確率変数の分布を理論式に当てはめて求めて行くのが普通である。確率分布の理論式は、定義された確率変数 $X$ のとり値が0, 1, 2, ……のように離散値をとる場合と、一定の値 $a$ から $b$ まですべての実数値をとる連続変数の場合とに分けて考えられ、前者については、二項分布・超幾何分布・ポアソン分布が、後者については、一様分布(矩形分布ともいう)・指数分布・正規分布(ガウスの分布ともいう)がよく用いられる。

港湾技術の対象となる多くの現象は、現象そのものが理論的でないというより、理論が不完全で、現象が理論的によつて説明されえないか、またはデータの不足、整理の不手際または観測の誤差などの原因によつて、その説明が正確に関数表示できることはまれであり、最小自乗法とか確率論的取り扱いによらねばならないことが多い。

このようにして要因間もしくは要因と現象との間の関係がしらべられ、現



象が分析されていくのであるのが、相関分析・要因分析の手法が別に考究されている。

われわれが現象をとらえるというのは、つまるところ目で観察したり、耳できいたりするものであり、いわゆる五感の働きによるものである。それが神経という伝達機能によつて脳に伝えられ、いろいろと知覚もしくは判断がなされる。社会現象は、個々の人間のそうした働きの結果のあらわれであるとなすことができる。しかし、自然現象と同じように、社会現象そのものは、そうした個人の集合体であるからといつて、分析することは頗る困難であるが、われわれはある種の問題、例えば、組織の内部の問題を取り扱うとき、このような考え方を適用することができる場合がある。すなわち、いくつかの現場に起きる問題がキャッチされ、報告書類・電話などによつて中枢部に伝達され、首脳部によつてその問題が把握され、つぎの行動が判断されるがごときである。このとき、情報路が簡略化されているが、情報の内容は豊富にスピーディに伝達されることが要求される。事務の合理化・簡素化といつた問題がこれである。このために発達した情報理論は、まだ、実用的に十分発達しているわけではないが、ある情報路が理論的に確立され、そのもつ現象把握もしくは伝達についてのあいまいさが計量できれば、現象についてそのあいまいさを含んだ形で認識することができるわけである。Wienerなどの提唱するサイバネティックス、その弟子のC.E.Shannonなどが創始した情報理論(Information theory)は、つまるところ統計的理論の応用であるが、人間の神経に相当する情報網のところに現象分析の問題をおいた点が頗る特徴的である。現象そのものを分析するのではなく、あらかじめ現象を説明しうる理論式を準備するか、もしくは現象に似せて数多くの現象の特性値を発生させて、現象を分析して行こうとするモンテカルロ法やシミュレー

シオンモデルは、現象分析の異なつた手法であるが、発生されたものを定式化する際に用いられる手法は、今まで述べてきたことと何ら本質的に異なるものではない。

## (2) 時系列と予測

一般に港湾技術で扱う自然現象とか社会現象は、時間の経過とともに変動しつつある。これを詳細に観察すると、(1)の現象の分析のところで述べたと同じように、その変動を規則的な部分と偶然的な部分とにわけて考えることができる。それらを含んだ時間を変数とする現象の特性値の変量を問題にすることを、時系列(Time series)の問題という。規則的な変動には、長期にわたるある傾向的なものと、ある形を繰り返すという周期的なものがある。前者は傾向とかすう勢と呼ばれており、後者は循環変動季節変動などである。港湾規模をマクロ的に概定しようとするときは前者を、またある施設の規模を想定したいときは、後者もしくは、月間変動や日別または時刻別の変動を調べる必要がある。上述の説明でもわかるように、時系列の観測値も正確に言えば、確率変数(Random Variable)であつて現象の特性値のある実現値に過ぎない、すなわち、時間の経過とともに変動する偶然的な過程があつて、それらの時間にそれぞれ相对应する実現値についてわれわれは観察しうるに過ぎない。この偶然的な過程はいわゆるマルコフ過程とか、定常過程と呼ばれる確率的な過程である。時系列では、この過程における母集団の平均値・分散が、現象分析のときに述べたと同じように、現象を説明する重要な因子であり、また相関係数に対応するものとして、自己相関係数が新しい概念として入ってくる。

予測に関して現在用いられている主な方法を整理して列举すると、つぎのようなものがある。

1. 手描法(Free-hand method)あるいは目測法(Eye estimation method)。

時系列の観測値をグラフに書いて、直線的であるか、または曲線傾向にあるかを知つて、その傾向をそのまま将来に対して延長している方法である。しかしこの方法では、グラフを数学的な式として表わすことはできない。

2. 最小自乗法による方法。時系列のデーターからある直線または曲線型を想定し、その分散が最も小さくなるように仮数を定め近似的に数式表示をしようとするものである。この場合、現象の分析のところで述べたと同様に、用いうる制約条件があるが、最小自乗法が広く一般に用いられている。また、傾向をより正確に現出するためには、周期変動などを消すいわゆる移動平均法(Moving average method)の手法が用いられる。

3. 特種曲線のあてはめ。相当長期間の変動、たとえば数十年間の港湾取り扱い貨物量の、う勢とか、粘土地盤の圧密現象や材料の損耗などは、成長曲線とか損耗曲線とかによつて表現されることが知られている。成長曲線の一つに次のようなものがあり、ロジステイツク曲線と呼ばれる。

$$y = \frac{1}{1 + be^{-ax}}, a, b \text{ は係数, } x \text{ は時間} \dots\dots\dots (1-26)$$

また、損耗曲線の代表的なものは、材料の寿命に関するものである。ある材料 $N$ を同時に使用開始したとき、 $x = t$ でそのうち $y$ 個が損耗したとすれば、

$$y = N \cdot f(t) \dots\dots\dots (1-27)$$

で表わされる。ここに、 $f(t)$ は損耗率といわれるもので、これは経験的に

$$f(t) = t^n e^{-\lambda t}, \lambda \text{ は係数} \dots\dots\dots (1-28)$$

と知られている。この $f(t)$ は $t = 0$ ではもちろん0で、常に正であるが、途中のどこかで通常は最大に達し、 $t \rightarrow \infty$ で再び0になる。Terzaghi が求めた粘土地盤の圧密沈下に関する間隙水圧の減少式は<sup>6)</sup>

$$\mu = \alpha e^{-\beta t} \dots\dots\dots (1-29)$$

である。ここに $\mu$ は中立圧力または過剰間隙水圧、

$\alpha$ 、 $\beta$ は粘土地盤の厚さや圧密を起こさせる荷重圧などに関する係数で、 $t$ は時間である。

以上述べた1・2および3の方法はいずれも過去のデーターの傾向をそのまま将来に適用しようとするもので、思想的に同じとみることができる。これに属するものとして、数字的には意味はないが、つぎのようなものも用いられることがある。

4 補間法の利用。外挿法とも呼ばれるもので、過去のデーターから階差を求め、それを利用して将来値を求めて行くものでNewton の第1、第2補間法のほかに、Stirling, Bessel, Everett, Lagrange, A.C.Aitkenの補間法がよく知られている。

5 コレログラム法。一つの事象についての一連のデーターから一定の時間間隔をもつた二つのデーターを無規則に多数に抽出し、両者間の相関係数を計算することによつて予測する方法である。この計算はかなり複雑であるから、4・と同様に計算機を用いると便利である。

以上のような推定法と若干趣きを異にするのに、つぎのようなものがある。

6 積み上げ方式またはミクロ予測。各港の港湾取り扱い貨物量の推定を行なうのに用いられているように、地域間の物の生産と消費の実体を調べ、さらに材料・製品の流動を考え、将来の体様を想定する。すなわち、地域別に物品の流れを系統別に分類し、これを積み上げて将来の港湾取り扱い貨物量を予

測する方法である。これについては、東博士の貴重な業績がある<sup>1)</sup>。

7 回帰分析または単一方程式による予測。6に全く相対応するもので、昭和26年頃より、同じく港湾取り扱い貨物量の全国すう勢値を求めるのに6と併用して用いられている。これは、ある現象を予測するのに、これは違つた他の現象との相関関係を求めておいて回帰模型をつくり、推定が容易であるか、または計画が可能な媒介現象のその特性値から、所要の現象の特性を予測するものである。これは現象の分析のところで述べた相関分析とは異なっている。相関分析は1変数の値を知つたとき他変数の値で推定するのに対して、この場合は、他現象の説明変数は何個あつてもよく、また回帰式の形は必ずしも1次式である必要もない。しかし通常は数個の変数に関する1次式であることが好ましく、係数の推定は最小自乗法による。この方法の問題点としては、係数推定値のかたよりより、攪乱項と説明変数との相関性から生じる構造誤差または説明変数間の相関性から起こる多重共線型性などがあり、最小自乗法を成立せしめている前提条件に抵触することがあることに注意しなければならない。これを避けるために、連立方程式をたてて解く方法が多く、経済予測などをたてる場合に用いられている。<sup>6) 7)</sup> 5に対してマクロ的な方法と見ることができる。

8 時系列分析または自己相関法。1. 2. 3および4と同様、自己のもつ過去のデーターを基礎とする一種の外挿法で、ダムなどの貯水量の現象説明に用いられているようであるが、このように系列相関を見出すことは周期性の定量化であつて、ある種の予測には役立つように思われる。この方法では卓越する周期変動を見出すことが重要であるから、ペリオドグラム(Periodogram) コレログラムによる方法が用いられる。港湾技術ではわずかに波浪の現象解析にこれが利用されているに過ぎない。

9 直接予測法。Erling, Sverdrup などが提唱している方法である。今まで述べて来た予測では、予測模型を種種の関数型に仮定して過去のデータからこの関数の係数を推定し、つぎに説明変数の予測化または外挿値の推定式への代入によつて被予測変数の将来値を求めるという2段階への方法が多かつたのであるが、これは、予測値がアクションの関数であるとし、最適の結果をもたらすアクションの選択という方法を取り、これを定式化しようとするものである。そこでは予測は最終的には統計的推測の問題に帰結することを示している。港湾技術者が S・M and B. 法と称している波浪の予測法はこれであつて、有義波は確率的に予測される。この種の予測法は、他のすべての問題にわたつて定式化することが必ずしも容易でなく、解を求めることも困難であり、すぐに応用するわけにも行かないが、新しい予測の方向を示すものとして注目すべきである。

10 シノプチックな方法。8までの方法が多かれ少なかれ統計的であつたのに対して、これは現象そのものの解析に重点をおく方法で、天気予報を天気図から予報するがごときである。

以上のほかに、消費または需要の予測を生命とする企業にあつて特に発達したいわゆる経済構造の予測理論の中に、古くから A・Marshall の弾力性概念による予測法などがある。また近年中間財・生産財の需要予測を行なうために、産業連関分析 (interindustry relations analysis) の手法が W・W・Leontief らによつて創始され、各産業間の相互関係から、広汎な経済の動きを予測しようという試みがなされている。

いずれの方法を採用するにしても、求められた結果から直ちに予測を行なうことは無謀である。予測に関係する要因のうちで、まず規則的なものをとらえ、そして残つた不規則な要因にどんなものがあるかをしらべ、そのよつ

てきたところをたずね、進んでこれを予測機構の中に織り込むには、どうしても主観的判断を導入せざるを得ない。このような計量的解析と主観的評価の総合的調整法をフィルター法 (Filter technique) と称するが、このことは式 1-23 で関連して述べたことと同じことである。

#### § 4 問題のとりえ方

实际的な問題として、港湾技術者がある社会現象もしくは自然現象の中にあつて何か問題を意識したとき、むずかしさを感じる人が多いのであるが、その場合何がむずかしいのか、また何が問題になつているのかをさらに突込んでいくと、焦点と思われたことが案外漠然としていることも多いのである。すなわち、問題の項目的な事項のみをとらえて、それにとどまつていることが多いのである。

例えば、波浪とか地震のような自然現象の中に、防波堤の構造を考え、岸壁を設計する問題をとらえても、また労働問題に直面しても然りである。第1章で指摘したように、近代的施設を整備するとか、能率的に施工を行なうなどというあいまいな行動の目標をたてて、案外無計画にことを進めていることが多いのである。このような場合、まず問題をはつきりすることが必要であり、本編の第1章、第2章で述べたように、一貫した目的意識のもとに問題の質的・量的内容を明らかにしなければならない。これには問題の性格によつて、さらにいろいろと類型化することが必要である。いろいろの仮説もしくは数量の測定尺度を設定して、問題に具体的な内容をもたせるように準備しなければならない。そして「何が問題になるのか」、またその問題は「どのようにして、いつまでに解答を与えなければならないか」ということを、できるだけ明らかにしなければならないのである。したがつてまず「一体わ

れわれは何を求めようとしているのか」という形に問題をはつきりさせることができれば、つぎにその問題と現象間の関係を明らかにしていくことが第2の問題となるのである。現象はその港湾技術者がいだいた問題の解決を阻害しようとしているかも知れない。例えば、重力式構造物の設計をしようとしても、その地盤の状況がそれを許さないかも知れない。このようなことは港湾技術上のあらゆる個所に存在するものである。そのような制約条件や競争相手についての知識を早く知らねばならない。またわれわれの知りうる情報もしくは知識の限界について、関心を持つことも必要である。その問題を包む現象のすべてについて完全に知り得ることもあろうが、詳細に検討すると、本章の§1で述べたように、現象についてわれわれの知り得る実現値は、その現象の表わすバラツキを伴った一つの値に過ぎないこともある。すなわち、不確定な要素を伴った統計値として扱わねばならないことが多い。もし、前者のようなことが確かめられたなら、四則演算的手法または三段論法などの論理的手法で問題を解くことができようが、後者のような場合には「現象がこうだから必ずこうなる」と判断すると、往往大変な結果を招来しがちであることに注意しなければならない、このようなことはしばしばわれわれの経験するところである。つぎに時間とともに変わる現象の問題かどうかについても考慮しなければならない。このように、常に合目的性ということから離れず、効果的に現象を追求して行くことによつて、問題を取りまいている現象の中に流れている法則性を見出すことができることになる。この法則性を見出すことが本方法論体系設定の大きな目的とも見られ、また港湾技術のすべての問題の処理を科学化しようとする大事な一里塚でもある。この法則性の発見は、いうまでもなく、真理の探求という科学的な目的追求の態度と変わらないであるが、われわれ技術者の取り扱っている法則性とは、



必ずしも、真理そのものを追求しえなくともよいと思う。例えば、相関関係のように、統計的・確率的な関係をも広く包含する。しかし、それは真理でないことを許容するのではなく、その代わりとして真理もしくは普遍化された仮説との間に信頼限界というものが設けられ、それによつて実用的な問題の解を合理的に求めていこうとするのである。

問題の発見は、現象の中に港湾技術者の目的意識と、合理性の追求という科学的な態度によつて、上述のように行なわれるのであるが、橋渡ししようとする現象の複雑さは、根底になる基礎科学の広範囲なことを示す。このことは、港湾技術者の1人1人が問題を発見することの困難なことを示すものであり、このような困難さを1人で解決していこうとするのは愚であるばかりでなく、港湾技術全体の進歩を遅らせることとなる。したがつて違つた分野の人人の協力、もしくは問題の発見についてブレンストームイング (Brain storming) のような会議をもつことも、しばしば有用である。このような方法を用いることは問題を早くとらえることに大いに役立つ。問題がとらえられたら、つぎにその問題を解くという方法論としては最終段階に進みうるのである。

## 第5章 最適方法選択の方法

### § 1 合目的性と定量的な行動目標の設定

現象の中に問題がとられたということは、港湾技術者の一貫した目的意識のもとに、第2章§1で述べたような問題の定式化がなされたことを意味する。その定式化は、式1-1、式1-2もしくは式1-3の形でなされ、港湾技術者は左辺の  $G$  もしくは  $f(B)$ ,  $f(E)$  の値を限りなく大きくするようにそ

の行動を行なおうとする。式1-2, 式1-3の右辺の港湾技術者の投入努力というのは、自然または社会現象に対して行なわれる港湾技術者の働きかけである。より実地的な意味は、式1-23で示されるように、 $X_i$ を変動させることにより現象 $P_0$ を変動せしめて式1-1に意味されていることを満足せしめることにある。すなわち、港湾技術者の働きかけによる現象の変化がどれだけ港湾技術の目的に合致するかについての評価が、行動の始めと終りにわたって常に行なわれねばならないのである。例えば、ある港で年年波浪の影響によつて海難事故が発生したり、荷役に不便なため経済的な損失が起るとする。そのとき、防波堤を整備するという要請が起こる。防波堤をつくるために要する費用に対して、減少する海難事故と経済的な荷役方式による経済的利益の上昇は、その差がプラスなら式1-2に示されるよう、公共の福祉であると認められる。ところが実際に港湾技術者はどのようなタイプの防波堤を、どれくらいの長さでどれくらいの被覆水面を囲んで、高さをどのくらいにして建設すればよいかというような問題を扱う。また空気防波堤のように、波浪のあるときだけ遮蔽するようにしてはどうか、などということを考察する。このことは、そのような構造物をつくつて、港内の波の静穏度を増加せしめようということに外ならない。すなわち式1-23に示したように、現象を変化せしめることを行なおうとしているのである。合目的性を維持しつつ、問題进行处理ということは、式1-1で示したことを式1-23に代入して問題を解いて行くことと同じことである。このように、変形された式1-23の左辺を港湾技術者の定量的な行動目標と呼ぶことができる。

港湾技術者の行動の目標について、このようなはつきりした定義づけが確認されていなかったのは、港湾技術が与えられたものとして、認識されてき

たこと、港湾技術に対する目的事体があいまいであつたことに帰一するようである。式1-23において $X_i$ の統御による現象の管理そのものが、式1-1への関連づけなしに行なわれることがしばしばある。しかしそれは、そのような管理統御が式1-1を十分に満足するので、あえて行なわないに過ぎないことに注意すべきである。このようなことからくる思い違いなどをさけるため、目的との関連における評価は務めて行なうべきであろうと思う。港湾技術者の行動目標の実際的意味は上述のようであるが、実際に起こる問題は、式1-23をさらに変形して取り扱わねばならないことがある。

今一定の歩掛りをもつてなしうる仕事はいくつかある。例えば、常備の労務職員のみで行なう直轄事業のように、仕事がなくともその給与は支払わねばならないような系では次のようになる。

$$W = f(\omega_t) = f(\omega_a + \omega_i) \dots\dots\dots (1-30)$$

ここに、

$W$  = 工費,  $\omega_t$  = 全体の工期,  $\omega_a$  = 実際労働する期間,

$\omega_i$  = 手待ちになる期間。

$W$  を小さくすることは、きめられた仕事を成し遂げるために、式1-2を満足させるために必要な港湾技術者の行動目標である。しかしそれは、式1-30のように工期を短くすることと関係し、それは、手持ちとなる期間をなくしていくことと認識される。実際にある仕事をなそうとするとき、工費を少なくするために港湾技術者の行動が律せられるけれども、目標をそれにおき、問題の定式化をしようとしても困難なときは、式1-30のように変形して、定量的な問題として扱ひうる行動目標を設定することが好ましい。

工費の低廉な工程計画を直接組むことは至難であるが、労務者の手持ちになる期間がなくなるような工程計画を組むことは容易にできる。能率的な施

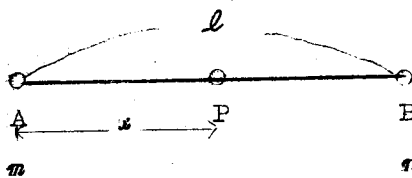
工、無駄のない工程計画は、このように定量的な問題として取り扱われることになる。このことは、近代的な埠頭計画、安くかつ安定した港湾構造物など、§1で述べた港湾技術の対象となるすべての問題について考察し、港湾技術者の行動目標を明確におおのの設定しなければならないことを意味する。定量的な問題として取り扱おうとするのであるから、価値尺度を設けることがしばしば必要となってくる。第2章で述べた手法が応用される。もつとも、港湾技術者の取り扱うことになる諸問題の中には、このように定量的な行動目標の設定が容易にできないものもある。また現実の問題とあまり遊離した価値尺度の設定は、方法論の展開を可能にしても、判断を誤らす以外に何らの作用を示さない結果に落ち入ることがある。たとえば、極端な例であるが、職員の評価を職能別に点数をつけて、要員配置をやつたとする。このようなことが人間関係の他の大事な要素を欠如せしめるようになり、反対の現象をひき起こさないとも限らない。「こうすればよい」ということと、「そういうようになる」ということは、別問題である。したがって、よしんばそのようなことを行なつても、その結果についてよく前後の状況、全体との関係を熟慮した上、最終の判断をなすべきである。こうすることによつて、誤つた定量化によつてでてきた、変動しやすい結果をそのまま確固不動なものとして採用してしまう危険を未然に防ぎうる。このことは再三述べているように、本方法論の提示を行ない港湾技術の適用の合理化を期しながら、なおかつその限界のあることを指摘しているゆえんでもある。思考の合理化と港湾技術者の行動の決定とは、別な問題であることを強調しているところに注意する必要がある。

## §2 模型化とそのパターン。

港湾技術者の定量的な行動目標の設定が前節に述べたようにできたならば、第3章・第4章に述べたように現象の詳細な観察の中から問題を定式化することができる。その有力な手法は模型化であることを指摘したのであるが、ある種の問題は、問題を単に記述することによつて、簡単に解を求めることができる。またある種の問題は、画像模型・図式模型・数値または記号模型を用いただけで、解を求めることができる。

今、つぎのような例を考えよう。ここにコンクリートの打設を必要とする現場が2ヶ所ある。これにコンクリートを供給するためにミキサープラントを設置したいのであるが、どこに設けたらよいかという問題である。このよう

図 1-6



な問題がでてくるゆえんのものは、やたらにミキサープラントを設けたら、何か不都合が生ずるからであろう。それはミキサープラントから現場に輸送する

費用が余計にかからないか、管理がうまく行くかどうかというような類いのものであろう。まず現象を単純化し、主要事項のみを記述した画像模型を図1-6のようにつくつてみる。現場をA, B 2地点とし、その間の距離を $l$ とする。ミキサープラントの位置を一応Aから測つて $x$ の所におきPとする。こうすれば $x$ をどのようにすればよいかという問題が画像模型に表わせたことになる。A, Bにおける一定期間のコンクリートの打設量をそれぞれ $m$ ,  $n$  立方米とすれば、建設費・管理費は一応どこに設計しても同じと考えられるから、PからA, Bにそれぞれ $m$ ,  $n$  立方米のコンクリートを送る費用が一番少なくなるように、Pの位置を定めたらよいという技術者の行動目標をやや明確にすることができる。コンクリートの輸送費は、単位距離当り、 $a$

円で距離に比例するものとすれば、PからAに対して運ぶ費用は $amx$ 円、同様にBに対して運ぶ費用は $an(l-x)$ 円、したがって考えている期間中の全輸送費用 $Q$ は、

$$Q = amx + an(l-x) \dots\dots\dots (1-31)$$

これは記号模型あるいは数式模型である。式1-31を変型して、

$$Q = anl + a(m-n)x$$

とおけば、この問題は、 $Q \rightarrow \min$ にするときの $x$ の値を求めることである。この式の第1項は明らかに正である。第2項は $m, n$ の大きさによつて符号が変わる。

今、 $m > n$ のときは、第2項は正であるから、 $x \rightarrow 0$ が好ましい。また $m < n$ のときは、第2項は負であるから、 $x \rightarrow \infty$ が好ましい。しかし、 $\infty$ といつても、 $x$ の値の取り得る範囲は $0 \leq x \leq l$ であるから、この場合は $x \rightarrow l$ である。

このことは、ミキサープラントの位置の決定が、輸送費を最小にするという港湾技術者の行動の目標のもとで考えるならば、A、Bの2現場でそれぞれ打設するコンクリートの量できまる。すなわち、 $m > n$ ならばAに $m < n$ ならばBに設ければよく、その輸送費は考えている期間につき、 $anl$ 円か、もしくは $aml$ 円である。問題を記述し内容を明らかにして、行動の目標を定量的に把握すれば、後は簡単な画像模型と記号模型とで、容易に解を導きえたわけである。

実際の数多くの問題は、必ずしもこんな具合に容易に解を得ることはまれであるが、基本的態度においては、何ら異なるところがない。用いられる模型の種類も第4章の§1で述べたようにいろいろと工夫されている。例えば間隙水圧 $u$ の時間的变化 $\frac{\partial u}{\partial t}$ とその時間内に粘土柱から流出する水の量との

間に、
$$\frac{\partial u}{\partial t} = C_v \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \quad , \quad (1-32)$$

ただし  $z$  は粘土柱の垂直距離,  $C_v$  は圧密係数

が成立し、この式が熱力学における平板の熱の伝達速度の式と類似しているところから、Terzaghi は解の誘導を試み、式 1-29 に示したように与えられた時刻  $t$  のときの地盤の圧密度を知る方法を求めた。このことは、現象の中に問題を模型化したのではなく、問題を自然科学・人文科学において十分研究されている現象の何かに結びつけて考えを進めることもできる一例である。1-32 のような例は、物理的模型とでもいふべきものである。

自動車交通の問題をそれと基礎方程式が合致する電気回路の問題として、いろいろ現象の変化を観察して解を求めて行くことがあると前に述べたが、このような擬態模型 Simulation model は実施例こそ少ないが、今後の模型化の一つの重要な方向である。

一般のやや複雑な問題については、数学模型が多く使用される。前述したように、これについては決定的なものと確率的なものがあり、また数学的表現によつて分けると、数値で表現されるものと式で表現されるものとがあつて、その組み合わせを考えると、4 種類に大別される。とらえた問題をこのような模型のいくつかの形に組成し直し、その模型の中に港湾技術者の行動の定量的な目標を明確に表現することが最適行動を得るために必要条件である。模型化ということは、別の表現でいうと、実際の現象に対して仮説をたてるということである。これには、少なくとも次の二つの条件を満足していることが好ましい。

(1) それはすべての事実を説明することができていること。やむをえなければ、大局において事実を説明しうるものであること——網羅性。

(2)その模型を利用して説明された事柄がそのとおりに成立することが、誰にでも認められるようなものであること——普遍性。

(1)、(2)を満足する模型は、いくつあつてもよいが、現象の説明の簡単さ・普遍性の程度について優劣がある。模型は現象そのものでないから、(1)の項を完全に満足する模型は、なかなか作成しにくい。そのことは、式1-23の管理統御できない $Y_i$ の項が実際の現象の中に入るからである。したがって統計的・確率的に模型をつくる方が、かえって現象の実体を誤らないことが多い。それでも不確実性は混入する。このことは、意識的に行なうこともある。それは港湾技術の問題として横たわる現象事体が極めて複雑で、すべての要因を取り入れた模型化は複雑で解析しがたくなってしまうことと、模型自体が作りえないこととに、その主因がある。したがって初のような場合、多くの大事な要因のみ考慮して模型をつくり、それを解析するという態度をとる。したがって、その解は、近似的であり、決定の参考資料となるにとどまる。このことが前節の終りに述べた理由の他の一つでもある。多く用いられる数学の知識を使つて模型化しようとする際に必要な事項を要約すると、次のとおりである。

- (1)未知のもの、既知のものおよび数学的取り扱いの目的を明確にする。
- (2)単純化された模型から逐次複雑な模型化へ。
- (3)そのとき、情報量の多い決定的な要因から追加して行く。
- (4)決定論的な模型から、確率的要素を加えて、実際の現象に近づけていく。
- (5)技術的・科学的な法則や原理を利用すること。
- (6)現象を直接に数学的に考慮した方がやりやすい場合もある。このようになるのは、多くの場合確率現象についてである。

模型化を考え、また模型化した際、考慮すべき重要なことは、模型のパタ



ーンである。港湾技術上の諸問題を、今まで述べてきたような方法論に基づいて模型化するとき、問題の数だけ模型ができるわけであるが Terzaghi が式 1-32 を解くのに、物理学で既に明らかにされていた熱の伝達速度の理論を用いて式 1-29 を誘導したように、すでに研究された知識を利用することは能率的である。軟弱地盤に構造物を設けるときに計算する、危険円弧すべりの生じる点の求め方は、麦の収穫量を最大にするための農場で、土地・肥料・温度をいかに調節すればよいかという問題と非常によく似ている。

第3章の§2で述べた有用な考えのところで記述した事項は、港湾技術を無駄なところに停滞させず、絶えず進歩させる意味合いからも大切な事柄である。このことは、碁でいう定石の効用とよく似ている。定石を知らなくとも碁は打てる。しかし、知っていると知らないとでは、碁の勝敗に決定的な差を与えるし、技術の進歩の度合も違う。港湾技術を発展させるということは、この碁でいう定石を増加していくこと、言い換えれば既知のものは極力これを利用し、未知のものは模型について解いて新しい定石として追加していく。このような努力が、模型化の方法論として重要なことである。自然現象や社会現象の中で、われわれ港湾技術者の諸問題として取り扱われるもののパターンについての類型化は、ようやく研究の緒についたばかりの段階であるが、用いられる手法により、次のように大別しうるのではないかと思う。

#### A. 第一種の基本模型。

1. 割当（もしくは配分）問題。(Linear programming and other allocation.)
2. 逐次割当（もしくは配分）問題。(Dynamic programming)
3. 競争問題 (Game theory)
4. 順序づけの問題 (sequencing theory)
5. 探索問題 (Search theory)

## B・第二種の基本模型

1 待ち合せの問題 (Queuing theory)

2 在庫管理の問題 (Inventory control theory)

3 施設更新の問題 (Replacement maintenance renewal actuarial)

また、港湾技術者が、問題について上述したいくつかの模型化を試みようとするのは、結局のところ、最適な行動を見出そうとするからに外ならない。最適な行動とは目的を十分に果し合理性をもつた行動と解されるのであるがこのような観点から問題を類別すると、式1-2、式1-3で示されるような問題の種類は一般に、次のようにわかれる。

1 最大値を求める問題、最小値を求める問題、両者をあわせて極値を求める問題。

2 効率を最大にする問題、最小にする問題。これは問題の形からいうと1に帰一することは、すでに述べたとおりである。

1, 2は、数多くの取りうる技術者の行動の中で、最適条件(optimum)を求めようとする理想的な態度であるが、近似的に、取りうる2~3の行動の中で、最適行動を吟味することがある。

3 諸方法間の比較の問題。これは従来、比較設計・法線比較などと呼ばれてきた方法で、模型化が複雑もしくは離散的で1, 2のような取り扱いができないとき、実用的な手法として用いられる。つぎに、以上とは変わった問題を追求することがある。すなわち、

4 損益分岐点を求める問題または管理限界を求める問題。損を最小にし、利益を最大にすることが、究極の目的であるが、その目的達成のために、ある管理水準を知りたいときがある。例えば、コンクリートの品質変動によつて、対策を変えねばならないが、その値がどう変つたらどうすればよいかと

いような問題である。しかし、このように分類しても、港湾技術の諸問題は、式1-1に帰一するものであることはいうまでもない。

### § 3 第一種の基本模型。

前節Aに掲げた種類の問題は、つぎのようなものである。模型化を可能ならしめる理論、その解析および実際への応用については、それぞれ研究されているところであるから<sup>4) 24) 25) 26) 27)</sup> パターンの概要を記す程度にとどめる。

#### 1. 割当(もしくは配分)の問題。

現象を定式化し、問題の模型化を行なつていくとき、次のような型に出合うことがある。すなわち、ある目的を達成したいのであるが、与えられた条件に制限があり、もしその制限条件のもとで、港湾技術者が行動を行なうとすれば、それぞれの活動についていくつかの違つたやり方が考えられる。そりいつた状況の中で、最適行動を選択しなければならない。これはさらに、具体的な問題として、つぎのようにいい表わすことができる。

(1)ここに遂行しなければならないいくつかの仕事があつて、その仕事に利用できる労力・材料・施設といつたものも規定されているとき、その仕事による利益を最大にするとか、損失とか工程を最小にする仕事のやり方を選ぶ。

(2)また、労力・材料・施設といつたものが指定されているとき、どういう組み合わせが、仕事の成果を表わすある特性値(利益とか工程)を最大にするかを取り扱う。

(3)仕事だけが指定されていて、どのように労力・材料・施設を組み合わせたら、仕事の特性値を最大にしたり最小にすることができるであろうか、といつた類の問題である。すなわち、目的達成のために、仕事とか材料・要員

の適当な割当もしくは配分を考えて、定量的な目標値を最大にしたり最小にしたりする問題である。

(1)のタイプには、現場の生産計画 (Production problems) または工程計画 (Scheduling problems) のように、材料・要員・機械施設の遊びを少なくして、最大の功程数量をあげうるようなスケジューリングの問題が含まれる。(2)のタイプは、幾種類かの原料があり、これを混ぜ合わせてできる製品も幾通りかあるとき、その製品の売れ行きや原料の使い残しなどを考え、全体の利益を最大にするような混合に関する問題 (Blending problems) が代表的なものである。また何人かの職員を組み分けして班別にし、班別の機能の総計が最大になるような要員配置計画 (Allocating problems) をたてることも、この種のタイプに属する。(3)は、つぎのようなものである、日本全国にある石油の精製基地は、全国の消費に対応しているが、この基地から消費地に油を運ぶ方法には、船・鉄道・自動車の三通りが考えられ、それぞれは輸送能力・輸送費に差異がある。今もし、全国一社でこれを統轄しているものとすれば、その輸送費の総和が最小となるよう、輸送能力を限界条件として定められるのであろう。たとえ各社に分轄されていても、自然は、輸送の費用が少なくなるような流れを激しい競争の結果として指向させるであろう。公共事業である道路とか、港湾施設とかは、このような自然の流れが、スムーズに各社の政策として樹立されるように、事前に整備されていなければならないはずである。この種の問題はいろんな制約条件、例えば基地の種類別の製油の生産量、消費地の需要量、交通機関による輸送能力、また増加しうる限度などを制限条件として、それらの状況のもとで各輸送機能別の輸送量を割当て、それから、各公共施設の将来の設備拡充の模様を推定しようとする一種の割当て問題であり、また往往輸送問題 (Transportation problems) として特別

に取り扱うことがある。これらの問題は、制限条件に関するものと、目的に関するものについて、数学模型を作成し、連立せしめて問題を解く手法が一般に行なわれているが、数学的に有限個の変数に関しいくつかの一次不等式で表わされる制限のもとで、その一次関数の値の最大または最小を求める問題に対しては、Dantzigなどがシンプレックス法を展開して以来、実行容易な手法が広く採用されるに至った。リニアプログラミング<sup>10)</sup>(Linear programming)または簡単にL・P・と称するものがこれである。(3)のタイプに属する輸送問題については、さらに、Hitichcock, Koopmans, Dwyer, Ford, Fulkersonなどが、L・P・とは違つた独特の手法を案出している。これらの手法は、電子計算機の発達とともに広く使用されるに至っているが、使用に当つて、相当の制約条件があるから、多くの場合、現象を簡単にして、模型化されたものに適用される。

L・P・にしろ、輸送問題に関する独特の解法にしろ、定石として重要な地位を解保するに至つた理由の一つは、解法の単純さにある。電子計算機を使えば、前掲の例でも、(積出港の数)×(目的地の数)=600くらいのものは、わずかの数10時間で、数10万円の経費で解くことができる。したがつて、この種の問題は、模型化さえできれば、問題はすぐに解けたようなものだといわれるくらいに、いかに変数が多く、方程式が多くなつても、おそれるには当らない。しかし、一般の自然および社会現象で、この模型化が成立するような仮定が存在することはまれである。したがつて、一次性の仮定が妥当であるかどうか、十分検討しなければならない。この欠点を補うために、ノン・リニア・プログラミング(Non-linear programming)に関するいくつかの手法が研究されている。この中では、クオドラチックプログラミング(Quadratic programming)とコンベックスプログラミング(Convex

programming)が主なものである。

他の欠点の一つは、制限や目的関数中に現われる係数が正確でなければならないということである。実際問題としては、係数が確率変数である場合もあるし、係数の正確な数値的評価が困難な場合も多い。このため、ストカチックリニアプログラミングまたパラメトリックリニアプログラミングなどが考えられている。

第3の欠点は、実際に観測される量は必ずしも連続的にはかれないという点から由来するもので、実際1個、2個とはかる場合、この単位が問題になる量に対して相対的にかなり大きければ、L.P.も輸送問題の模型化も問題を合理的に解くという観点からは危険となる。

また第4の欠点は、実際問題に適用する場合、時系列や順序を考慮に入れることができないという点にある。そのため時系列を考慮に入れたダイナミックプログラミング(Dynamic programming)の手法が考究され、後者の問題については、順序統計学の知識など導入した順序づけ理論(sequencing theory)が研究されている。

このように割当ての問題については、いろいろの研究がなされているが、このほかに要因分析法や数学的計画法またLeontiefなどの研究成果による産業連関法などの応用は、この種の問題の模型化およびそれによつて最適解を得るための定石として、特記すべきものと思われる。

## 2 逐次割当て(もしくは逐次配分)の問題。

ある制約条件に従う数多くの変数の相互作用を取り扱う基本的な最適化の問題一般を解くための手法を1に述べたが、この場合は変量に対する成果は常に比例的であると仮定されている。しかし一般に自然現象とか社会現象では、このようにはつきりした仮定が成立することはまれである。飽和効果と

かバックリング効果とかを考慮しなければならない問題の種類も多い。また時間の変動とともに、変動する状況変化に対応して、ある一定期間中における行動の最適化を計画しなければならない要請におかれることもある。このような問題には時系列の問題として、不確実性を相当に考慮しなければならない。Bellman<sup>33)</sup>、Vazonyi<sup>28)</sup>などが近年研究を進めているダイナミックプログラミング(Dynamic programming,)略してD.P.は、将来を見込んで現在いかなる行動目標を採択すればよいかという問題に解答を与えようとするものである。すなわち、L.P.およびそれに関係する一連の手法は、空間的な割当問題の模型化のパターンであるが、D.P.は時間軸上の模型化を可能ならしめようとするものである。

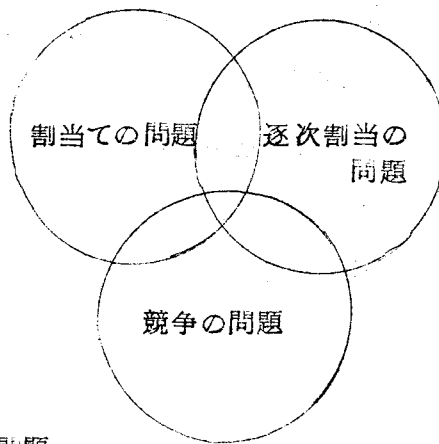
### 3 競争の問題

この問題の中で従来よく研究されているのは、ゲームに関する問題である。この故にこの種の問題をゲームの理論(Game theory)に関する問題とも呼ばれる。

自然現象に立ち向う港湾技術者は、自然を相手に勝負をしているのであり、また同じように、社会現象を人間相互間の激烈な勝負の過程現象 competitive process とみれば、この種の問題に属するものもかなり多い。例えば、天候を相手に仕事を進める場合、天候を相手とすれば、仕事の進め方は以上述べた問題に帰一するし、工事を入札で落す問題も、この種の問題である。労働組合とのかけ引きも、仕事を円満に進め、職員間の地位の向上を図りつつ国民の要請に十分に応えようとするもので、工事施工の責任者に課された大事な競争の問題である。また港湾を売る Port selling という問題も、相手港を意識しつつ、自港の発展を願う一種の競争の問題であると見ることができる。

競争のある種の問題では、L.P. の模型を用いると解法が容易になることがある。このように、模型のパターンを分類表示しているが、実際は図1-7のように、実際の問題の模型化は重合しているのである。Dantzig がD.P.やN.P. のある種の問題については、L.P.でも解けるといって、実際に解いているのも、こうした事情を物語っている。したがって、どのパターンによつて、問題を模型化すればよいのかは、港湾技術者の理解の容易さや計算の難易の程度によつて、判断に委ねられるべき問題である。

図 1-7



#### 4. 順序づけの問題

単なる割当ての問題では解けないタイプの問題に、順序づけの問題があることを指摘したが、この種の問題は、材料・労力・機械施設などが定まっていて、仕事の順序だけをいろいろと変動させて、目的関数の極値が得られるような最適順序づけを選ぶとするものである。年間にやらねばならない仕事がいくつかあり、どの仕事から始めてもよいのであるが、一つの仕事は、いくつかの作業から成立しており、その作業の順序はきめられた法則に従うとする。このようなとき、どの仕事からやり始めれば、全体の仕事を早く仕



上げることができるかという問題が代表的なものである。使える施設・要員をより効果的に利用したいという式1-30で表わせられるような問題の模型がこれに当る。現場の港湾技術者や事務処理をする技術者の最大関心事の一つは、このような計画編成や仕事の順序づけに関する決り規則をえたいということであろう。従来からも、工程計画を策定する専門技術者の仕事は、このようなことを経験的に漠然と承知し、ガントチャート(gantt charts)・生産管理板(Productral boards)・計画図表(schedule graphs)などを作成している。これらは表わし方が便利であるが、それによつて表わされているものがいくつかの方法の中で最適なものであるか、またそれが最適のものからどれだけ隔たっているかなどの知識については、その見当も与えていないことはよくある例である。しかし、順序づけの問題が数学的模型または画像模型の問題として考究されたのは、MOORE, Akers and Friedman, Johnson, Vazsonyi など、比較的新らしく、したがって今のところ、ごくわずかの進展しかみせていない。時間のある関数を最小にすることだけに関心を払っているために、問題の定式化自体がなお不完全である。

この種の問題がいかにもむずかしいかは、つぎのように考えても認識される。すなわち、いくつかのステップを一定の規則のもとに順序づけられているいくつかの仕事がある場合、ステップの数を5、仕事の数を4としただけでも、可能な仕事のやり方は、 $(4!)^5 = 7962624$ 通りあり、その中から最適方法を見付け出すのは容易でない。MOORE は前記のガントチャートの利用などから、直観的に求める方法を提唱し Akers and Friedman など<sup>31)</sup>は、記号模型をつくることによつて、その中の技術的不可能なものの系列の除去を速やかに行なわしめ、問題を簡略化しようとした。Johnson などの解析は、二つないし特別の場合のステップでn個の仕事をする場合にとど

まつているに過ぎない。<sup>26)</sup> Vazsonyi は行列積を用いて、マクロ的な順序づけの手法を提案している。<sup>28)</sup> 実際に生じる複雑な順序づけの問題に対する最も有効な方法は、作業実験の方法であり、それはモンテカルロ法の使用を含むと Churchman らは述べている。<sup>26)</sup> Johnson 流の考え方で、ケーソンの製作工程を計画したことがある。<sup>9)</sup>

## 5. 探索の問題

目標物・目的物を探索するこの種の問題は、あるときはその探索経路を経済的にする場合に用いられ、また探索能力をいかに定めるべきかの問題に適用されることがある。探索理論は第二次大戦中、米英軍の作戦研究の一環として研究が進められ、戦後 Morse らによつて平和利用が提唱されたもので、<sup>24)</sup> B.O.Koopman などにより、体系づけられている。

今ここに  $a$  円を投資して何らかの事業を行なうことを考える。その費用  $a$  円の 1 部を調査費にまわして、安く済む工法を発見したら、全体の事業数量が増加するか、あるいは事業が  $a$  円より少なく済む。しかし失敗すれば、調査費にまわした分だけ事業数量が減少する。埋立をする場合、山土を切り崩して運搬する方法と、海底を深く掘つて埋立する方法とが考えられる。後者の方法は、安くいくことが予想されるが、方法について未知の事項があり、これを調査費によつて確める必要がある。このような場合、調査費はどの程度まで出しうるのであろうか、また調査方法はどうすればよいかといった種類のものである。この種の問題は、解を得るのに極めて困難であり、問題をどうして解くかというより、この種の問題をどのように扱うかというところに重点が払われるべきであろう。例えば、経験とかカンを納得できるような入れやすいところまで、問題を定式化するために、その模型化への努力が払われるべきであろう。

#### § 4 第2種の基本模型

港湾技術における問題の模型化に当つて、パターンを第1種と第2種とにわけたことについては、厳密な意味合いはない。ただ、第1種に属するものは、比較的パターンの傾向を明確にしており、適用する理論ないし手法の選択も一義的である。第2種のものは、マクロ的観点において分類可能であるが、適用する理論もしくは手法はいろいろと考えられる。極端に言えば、第1種に述べたパターンに転化して考えたり、そのいくつかを組み合わせる模型を構成するといった類である。

##### 1. 待ち合わせの問題

材料・労力・施設が指定されており、ある仕事の特性値、例えば工費もしくは工期を最小ならしめるために、仕事の順序をきめる問題については第1種に述べたが、ここでは順序はきまつているが、仕事の発生状態と施設・労力などの規模を問題にする場合を考える。すなわち、サービスを提供する側と、何らかのサービスを受けて仕事を進める側とから成り立つ仕事の系を想定したとき、

(1) サービスを提供する施設(労力機能……………など)に対し、需要が多すぎる場合、サービスを受けるため客体は待つことになる。すなわち、客体に遊びが生じ、サービス施設が十分でないことになる。

(2) サービスを提供する施設に対し、需要が少な過ぎると、サービスを提供する側に遊びが生じ、サービス施設が多すぎるのである。

そこで両者の遊び時間(待ち時間)もしくはこれに関連する費用の間のある最適のバランスを得ることが望まれる。費用のこのような最適化は、サービスを求める単位の流れについて管理統御をなくしたり、施設を増減したりすることによつても調整可能である。このようなことを可能にするため、待

ち合わせ理論(queuing theory もしくは Waiting line theory)がこの種の問題の模型化の基礎となつている。この理論は、スウェーデンにおいて電話交換施設を設計する目的で、Erlang によつて早くから取りあげられ、発達したものである。

バース数が不足し、入港した船が沖でバース待ち繫留を余儀なくされる問題、また、浚渫船に大きな遊び時間を生ぜさせることが不経済であるとき、曳船と土運船をどのように配船したらよいかという船団規模を定める問題、また山土を切り崩して埋立をするとき、パワーショベルの能力と運搬するダンプトラックの配車の組み合わせを、工程数量との関係においてどのように定めればよいかの問題に関する模型は、このパターンに属する。

## 2 在庫量管理の問題

在庫はできるだけ多くあつた方がよいという考えは、つい最近まで各界を支配していた思想であつたが、近代社会経済のすう勢は、これに対し漸次批判的となつてきている。資材・労力・設備を豊富にかかえ、製品のストックの多かつた企業が一度、経済恐慌に見舞われたときのみじめさが、強く刺戟したものである。その後、最適在庫の思想が取り入れられたが実際とはあまりにかけへだたりのある静態的なものにとどまつていたようだ。一般に典型的な例として考えられる在庫管理の問題の中で、需要というものが不確定量であることが多い。したがつて、在庫を多くかかえていると、確かに資本の固定化をきたすばかりでなく、倉庫容量を多くし、また管理に關する諸経費がかかる。また少な過ぎると、需要に対して供給がみたしきれず、好ましくない経済現象をひき起すばかりでなく、当然得られる利益を失うことともなる。このような不確定な量を問題の中に導入し、これを最小化しようとする確率統計的な手法が考究されるに至つた。純粹の在庫量管理の問題は、企業の生

産計画との関連において論ぜられ、したがって、当然販売計画と結びつき、営業・経営の問題として重要な要素となり、生産形態・経理状況・一般状況・経営方針などから特徴づけられる性格をもっている。したがって実際の問題に対し適応するように、ケースバイケースによつて種々の方式が案出されるに至っている。これを手法により大別すると、つぎの六つにわかつことができる。

(1)確率統計的手法。販売活動などによる利益・保管費用・需要量がストック量を超過したときの損失費用・発注費用・他からの購入費用あるいは製造費用などを、在庫管理状況の変化に基づく数量の変化に応じ、統計的な確率変量によつて定式化し、その損失の総和が最小になるような解を求めていく。このような理論は Arrow, Harris, Marschak などにより創始され、在庫理論として独特のパターンを有するように、Dvoretzky, Kiefer, Woelfowitz などにより、一般的にかつ洗練された形に定式化が行なわれるようになった。

(2)L・P・による方法。ビールの生産と在庫調整のように、年間を通じて季節需要の変動の激しいものについては、L・P・などの手法がそのまま用いられ、Charnes, Cooper, Farr などがこの問題の発展に努力しており、目的関数の2次形については、クオドラティックプログラミングの方法も案出されている。倉庫の容積と地域的な配置については、L・P・の輸送の問題と、1に述べた在庫管理理論の併用として考えることもでき、この方面の研究は、Baumol が行なつた。

(3)D・P・による方法。純粹の時系列の問題としては、D・P・の手法がL・P・によるものと同じ分野で応用でき、Bellmanらが研究を進めている。

(4)サーボ理論による方法。これは品質管理の手法と同様に、オートメーションの原理を用いて、H・A・Simon らがサーボ理論(servo mechanism theory)を応用してこの分野の研究を進めたもので、Vassianらは在庫およ

び需要量の離散的分布を用いて在庫残高の分散を最小にしようと試みた。同じ考えでPinkhan は費用の最小化を考えようとした。

(5)待ち合わせ理論による方法。需要に対する適性在庫量を計画するのに、Mose は待ち合わせ理論の応用を試みたが、計算方法が簡単でないのが欠点とされている。

(6)電子計算機を用いる方法。これは前述したシミュレーションモデルを在庫管理の問題に適用しようとするものである。

いずれの方法によるも、現実の管理体系を観察し、制約条件や費用の項目を明確にして目的関数を作成し、管理可能な変数を動かして、目的関数の極値を求める手法が用いられる。

港湾工事のように、注文生産のところでは、見込生産による製品のストックなどが行なわれないので、製品の在庫は起こりにくい。また主要材料も、燃料・油・石炭などの常備品を除いては、在庫管理の目的、すなわち生産・需要に対する操業度の安定化に果たす役割は少ない。しかし、実際の在庫管理の実体は上述のとおりであつても、港湾施設の中、バースもしくは陸上施設の上屋とか荷役機械の建設・改良を考えると、もしその能力を在庫とみ、使用状態を需要と置き換えるならば、施設の稼働と遊休は、サービスを提供する効用と施設が無駄に遊ぶ損失との問題となり、在庫管理の理論によるモデル化が施設の規模をきめる問題に適用できるはずである。このように、モデルのパターンの類型化は、パターンを示す表題に意味があるのではなく、現象の中に問題のモデルを構成するに至つた過程(Process)に重要な意義が存するのである。またこのモデルは、碁でいえば定石であるが、定石だけでは碁を打つことはほとんど不可能である。その場合に応じた打ち方をして始めて碁が打てるように、このモデルを理解する必要がある。上述した在庫管理に関する

六つの模型も、先人が実際の問題に対応して、それぞれ違った手法を案出したその結果であることを留意しなければならない。

### 3 施設更新の問題

「よりよい港湾施設」をつくるための港湾技術のほとんどすべての問題が、施設更新パターンに帰一するかのように見える。一般に施設とか機械の問題を細分して考えるとき、つぎのようにわけることができる。

(1)施設・機械を正常状態で稼働し得るように管理方法をきめる問題、この問題はさらにつぎのように分けられる。

(a)施設・機械の故障などについて情報を知つて、経済的な管理方法、すなわち修理要員の適性な規模とか点検回数をどういう具合に定めるかの問題。

(b)施設・機械の部品の寿命などについての情報を知つて、それらの予備品をどのくらい保有していたらよいかという種類の問題。

これは施設・機械の性能を常に良好に保持させようとする目的から生じる問題で、修理・保全または維持管理の問題と考えることもできる。(a)の種類の問題は、故障の発生を、到来するお客・修理要員・修理機械をサービスする窓口と見なせば、待ち合わせ問題のパターンに類似する。(b)の種類の問題は、第2章の物の時系列における価値変動で考察したように、一定の寿命分布をもつた部品の確率的なモデルを取り扱うとともに、問題のパターンは、在庫理論のそれと類似する。すなわち、部品の予備品の手持ちが少ないと、施設とか機械が稼働を停止し損失を与えるが、逆に著しく多いと、手持部品の在庫という面からの費用の損失が生じる。この二つによつて代表される維持・管理の問題の他に、

(2)劣化する施設・機械を更新する問題がある。この問題にも2種類あり、

(a)長い期間の使用によつて、または新技術の導入によつて、劣化または旧

式化する施設・機械を取り替える問題。

(b)劣化はしないが、故障や「死滅」を生じたものをどういう具合に取り替えていくかを扱う問題。

これらの問題は、Terborghなどが1948年にDynamic equipment policy<sup>29)</sup>を発表して以来、各方面で注目され、急激な進歩が見られている。(a)の種類の問題は、劣化する品目に対して旧施設や機械の能率を維持する費用とか、あるいは能率の低下による費用に対して新設備の費用を釣り合わせることによつて解を求めようと、いろいろの理論構成がなされている。これについて一般解はまだ見出されていないが、いろいろの仮定にもとづいて、重要な研究が進められているわけである。

(b)の故障を来たす品目の取り替えについては、どの品物を取り替えるべきか、また取り替える時期をどのようにするかをきめるために、

- イ) 関連する設備の費用(たとえば、購入あるいは生産の費用)、
- ロ) 設備取り替えの費用、
- ハ) 設備の故障に関連した費用(たとえば設備の使用不能によるもうけあるいは利潤の喪失)、

の和を最小にすることが考えられている。一つの極端な方針は、故障したときのみそれを取り替えることであろう。このような方針は設備費を最小にするが、個々の取り替えの費用や故障の費用は高くつく。他の極端な方針は、最初のものが故障したとき(あるいはそれ以前に)全部を取り替えることであろう。これは設備費は高くつくが、故障の費用は少なくてすむ。一般に集団取り替えの経済性から取り替え費用は減少しよう。最適方針はこれらの極端なものの中にあるのが普通である。

故障をきたす品物の寿命は、通常確率的である。時間の関数としての寿命



の確率分布を考究することが、この種の問題を解くために多く必要条件となるが、港湾技術に關係する品物についてのこれらの研究は、現在決して十分な状態にあるとはいわれない。この寿命に関して、真空管などについては Davis などが研究し、その他 Goodman, Epstein and Sobel, Goodman, Shellardらの研究がなされているが、故障の期待値を近似的に求めるためにモンテカルロ法などの利用も考えられているようである。

港湾施設の改良・建設、作業船舶・機械の取り換え、バッチャプラントの能力増強、防波堤の嵩上げまたは災害復旧と、一斉補強やある種の防災事業など、港湾技術の問題の中、この種のパターンに属するものは極めて多い。また、年年退職死亡していく要員の補充をどういふように行なつていけばよいかというような問題も、施設更新の問題ではないが、同じパターンに属する問題である。

#### § 5 基本模型における数学的パターン。

前3節において港湾技術の問題として現われる多くの問題につき、そのパターンによつて類型化を行なつたのであるが、目的を達成するために、現象を定式化し、最適の行動をとるために、定量的な行動目標を式1-30、式1-31のように設定しようとするとき、用いられる数学的パターンを見出すことができる。第1の型は、現象をただ定式化することを心がけ、データを整理記述するだけで、図式にまたは数値的に定量的な行動目標とそれに至る最適方法が求められる場合である。第2の型は、式1-30で述べたように、問題を記号で表示しただけで、定量的な行動目標が表わされ、簡単な操作で最適方法が求められる場合である。ここでは、順序とか記号の入れ替えなどは問題にならない。この種の問題は、代数方程式の問題といえる。第

1 種の基本模型にあげた割当の問題も、制限条件を不等式にて表わし、行動目標も代数式で表現し、これの最大値または極小値を求めようとするもので解法は連立方程式を解く手法と何ら異なるところがない。行列式または消去法マトリックスの概念や双対・縮退の性質を巧みに用いているが、Dantzigらの創始したシンプレックス法 (simplex method) も単なる連立方程式における消去法の機械的解法に過ぎない。

第2にあげた逐次割当の問題も、連立方程式の解法に帰一する。

第3の型は、現象の定式化にあつて、ある断面の細かい現象を見極めめて基礎方程式をつくり、それを全体について解こうとする態度である。これは構造物の設計に当つて、外荷重による「梁の撓み」とここに加わる力やモーメントの釣り合いの法則を考えて、断面の大きさや鉄筋の挿入量をきめていくのと同じように、微分方程式や定差方程式を用いるものである。この二つは、変数が連続値なら前者を、離散値なら後者を使用するが、性格的には同じである。第2種の待ち合わせの問題は、理論的には確率変数を用いて微分方程式を作っているが、実数の解法にあつては、定差方程式の逐次解を使用することが多い。在庫の模型にしても、ある時刻  $t_m$  と単位時間の経過後の時刻  $t_{m+1}$  との間の在庫の変化だけを調べて基礎方程式をたてることが、一般の場合に行なわれている。

第4の型は、ある時点でのインプットがつぎの時点でどういふように変化し、全体としてどうなるかという総和の問題を定式化する場合で、普通は積分方程式になる時系列の問題の多くがこの種のタイプになるが、逐次割当や予測のところでも述べたように、連立方程式による数値解法が一般に用いられる。第1種基本模型の探索の問題や、逐次割当ての問題などは、この種のパターンを有している。

第5の型は、第3もしくは第4の型の混合型で、実際に生じる港湾技術の諸問題は複雑で、この種のパターンに属するものが多い。フィードバック型の問題はほとんどこの種に属する。従来港湾技術における工学的な問題、例えば構造理論や波浪理論、その他土質力学などで、しばしば微分方程式が多く用いられてきた。これは現象の瞬間的な平衡や局所的均衡を微視的(Microscopic)に調べると、簡単な法則にしたがっていることがわかつてまた近似的にそう考えやすかつたので、このように基礎方程式を作成してきたものと思われる。この微分方程式に初期条件や境界条件を与えて特解を求めると、個々の問題の解が得られる。これに対して、長い期間にわたる変化や全体的な均衡を巨視的(Macroscopic)に洞察して基本法則を表現する必要がある場合がかなりある。このような場合、積分方程式を用いることが便利である。しかし、積分方程式の進歩が遅れているところから、あまり利用されてこなかつたようでもある。実際には、観測値と比較する場合には、積分方程式による方が微分方程式によるものに比べて誤差が少なくなることが多く、また、技術上の問題として取り扱い際は、自然法則の表現として微視的な均衡を表わす微分方程式より、巨視的な均衡を示す積分方程式による表示の方が一層自然的であつて、無理のない表現ができる場合が多いことは、今後港湾技術者にとつてよく銘記しておく必要があらうと思われる。このような基礎方程式を作成する場合、変数の性質によつてつぎの二つに分けられる。一つは、確定値を取り扱う場合(Deterministic)、であり、一つは、確率変数を取り扱う場合(Probabilistic)である。後者は一般数学の知識の他に、確率論ないしは、推測統計学の知識を併用する。実際の自然社会現象は、確率的な変数の一つとして実現値が捕えられることが多いので、後者の扱い方が多少複雑でも、港湾技術の目的を到達するために、最適行動を得ようと

する際は、一義的な結論しか導きだせない前者より技術的には好ましい態度である。第1種の競争の問題・順序づけの問題・探索の問題、第2種の待ち合わせの問題・在庫量管理の問題または施設の更新における品目の寿命の問題などが、ほとんど確率論的もしくは統計理論を基礎に考究されているのも、以上のような理由に基づくわけである。

港湾技術において工学的な考慮が払われるようになってきたが、一般的にはまだまだ確率的な諸値を決定値として取り扱う習慣が多く残っていることは、いましめねばならぬことのひとつと思われる。

#### § 6 諸方法間の比較

前節までに述べたような模型化もしくはパターンによる類型化は、港湾技術者が目的を達成しようとする際に最適方法を選ぶための一つの必要な手段に外ならない。最適方法選択の基礎的な形は、二つの方法の中いずれを選ぶかという比較の問題である。この態度は、法線比較・比較設計などという港湾技術の用語から類推されるように、従来からも重視されてきたものであり、二つの方法の比較に用いられる一般原則は、どのような多数の方法の比較にもこれを適用することができる。栈橋を築造するときに、鋼鉄製のものとするか、鉄筋コンクリート構造にするかという表1-5のような問題、あるいはX構造物・Y構造物という表1-7のような問題、また、維持浚渫を行なつていつの方がよいか、恒久的に港内の埋没復旧をなくすような施設を設けた方がよいかを比較するような表1-8のような問題などは、港湾技術における方法選択の基本型である。

港湾管理者は、ある会社が新設備を拡張しようと意欲しており、当該港湾も候補地の一つとして選ばれていることを知つても、その会社があらかじめ

数ヶ所の有力な地の港湾における立地と詳細な合目的性の比較を行なっており、他港とのわずかの差で優位を保ち、最大の利益を得るための誘致条件の設定は何かなどということについて、関心はあまりもつていない。したがって往往、最もその会社の発展のためにもその地がいいにもかかわらず、地元の協力が得られなかつたり、また必要以上の施設の提供・資金の投下が行なわれ出血誘致やわずかの利益の取得にとまり、全体として最適の工業立地とならないような例を招かないでもない。このようなことは、単に政治的な問題としてでなく、港湾技術上の問題として取り上げ、正しく方法論を適用しないことから生じたものであり、国民や地方民もしくは会社の損失である。基本的に方法選択の態度は、実用上2方法間の選択に始まるが、実際の問題解決のための有益な諸方法間の選択に関する特徴的な手法は、つぎのような型に分類することができる。

(1)基本的な港湾技術上のある問題に対応するための方法に投下される用役に対して、新しく追加して用役を加え、それによつて得られる利益が、追加した用役に対して一定の比率以上に大きいこと。この種の問題は、施設の増設などを行なう場合にその例示を求めることができる。すなわち、将来の発展に備えて余分の能力を現在施設に賦与することが、現在妥当であるかどうかという問題、即時投資と繰延投資の優劣の比較のような問題である。また耐用年数の長い構造物を使用する方が有利か、短いものを使つた方がよいかという問題も、これと関連して考究される。この種の比較は、追加用役に対する追加利益の比を問題にしているところに特徴がある。

(2)港湾技術上の問題として設定された行動目標の値の極値を求めようとする問題、例えば、最小費用となるような方法、または最大の利益となるような方法を選択していこうとする場合である。これは数多くの諸方法間の比較

の極限值を求めようとする問題であり、ある変数に対して連続的に方法が変え得る場合は、数字の知識を借りて特種の扱いをすることができるが、これについては § 8 で述べる。

(3) 企業で大いに問題になつている損益分岐点の問題である。これは港湾技術では、§ 2 で述べたように、管理の問題とも関連する。これについては § 9 で述べる。

(4) 諸方法間の選択の類型化の一つとして掲げる場合、以下に述べることは上述の三つの場合と趣きを若干異にする。それは、前三つの場合がそれぞれ技術者が行動をしようとする際に考察する事前選択の内容の問題であるのに対し、これは、選択された方法の評価の問題である。「何故そのような努力がなされたか、その方法が一番最適であるか、もしくは妥当である」という説明をなそうとする手法である。港湾技術者がしばしば用いてきた、「施設の経済効果測定」における超過便益比率若しくは投資回転率・投資所得比の概念は、ある事業を決定するための諸方法間の選択にももちろん利用されるけれど、真の意義は、その事業が、他の事業に比し、どれだけの意味があるか、優劣はどの程度であることを示すことに主眼がおかれる。したがつてこの研究は、河川・港湾・道路といった異種間の公共事業間の比較、もしくは、港湾管理者が港湾の事業を企画し、国がこれに対して国庫の負担または補助を行なうべきかどうかを判断するに際して、その事業の性格もしくは優先順位を数量的に測定しようとする場合に、最もよく利用される。わが国では、国土総合開発審議会に設けられた経済効果測定分科会で主として米国のケインズ博士 (J. N. Keynes) などが提唱する方法を中心に検討し、一応の定まつた方法を提出している。<sup>11)</sup> 毎年費用を算出する場合の式、毎年収入支出の考え方など、今後修正すべき 2~3 の事項を含んでいるほかに港湾技術における適

用の最大の難点は、便益額をどのように見積るかにあるようである。

この問題は港湾技術における経済研究の別の大きな課題であり、昭和30年第一港湾建設局の山田局長が極めて進歩的な調査研究を行つた。<sup>2)</sup> すなわち、港湾の建設によつて、地方経済あるいは国民経済にどれだけ影響を与えるかという問題を取り扱つたものである。現在港湾事業は、輸送費もしくは荷役費の節減という直接の経済効果のみを魅力的要因として、進められているのであるが、元来は、地方開発・合理的な国内輸送網の確立・適正な産業立地を促すための基礎条件の整備といった国家的制約因子によつて、その事業が行なわれるべき性質を有しているものと思われる。公共事業である元来の趣旨もこうしたところに存している。したがつてかかる研究が、今後重視され、港湾技術上の重要な研究テーマとして取り上げられることは、必要なことであると思われる。

## § 7 効率に関する問題

諸方法間の選択の中で特徴的な四つの型は以上であるが、前節の(1)の典型的な事例は表1-9に示される。

表1-9はある岸壁に荷役機械を設置する場合、考えられる六つの方式におけるそれぞれの総投資額および毎年の損益見積表である。第1編の所論に従つて公共事業である港湾事業の最少の魅力的公共利益は7%以上あればよいと仮定するとき、第6番目の方法が1番最初に計画されても、不採用とする根拠はない。そこで2億6千万円の投資が行なわれていても、年々の最少の魅力的公共利益は保証される。しかし表1-9のように6通りの方法がいずれも可能であり、どれかを選ぶ問題になつた場合、以上の推論は疑問である。第1番目の方法はまず棄却されるであろうが、第2番目から第6番目ま

表1-9 某沿岸壁に荷役機械を設置する

六通りの方法に対する費用比較

(単位千円)

項 目	方 式	I	II	III	IV	V	VI
A 総 投 資 額		100,000	130,000	152,000	182,000	220,000	260,000
B 毎 年 年 収 入		10,000	16,800	22,200	26,200	30,400	33,100
C 毎 年 の 支 出		5,100	6,300	8,900	10,500	12,800	15,000
D 毎 年 の 総 収 入		4,900	10,500	13,300	15,700	17,600	18,100
E 総投資額に対する利益率(%)		4.9	8.1	8.8	8.6	8.0	7.0
F 次位の額の投資を超過する超 過投資			30,000	22,000	30,000	38,000	40,000
G 毎 年 の 純 収 入 の 増 加			4,600	2,800	2,400	1,900	500
H 超過投資に対する利益率(%)			15.3	12.7	8.0	5.0	1.2

註 (1) この施設は計算の簡便性を保つため10年後に100%の再売却価値を有するものとしている。

(2) Iの方式は、ガントリークレーン、IIの方式はそれにコンベヤーを併用、VはB.T.、VIはB.T.上にベルトコンベヤーを併用したもの、III、IVはその中間、とそれぞれ假定してもよい。

での方法の中いずれを選ぶであろうか。Eの欄だけみると3番目の方法が好ましく思われる。しかし、さらに3千万円を追加して近代化し、設備を拡大した第4番目の方法も追加した資本額それ自体、なお投資の妥当性を確保している。もしこれが7%以下ならば第3番目の方法を採用することが決定的であろうが、第4番目の方法をとつてはならないという理由はない。第5番目の方法は、第4番目の方法に4千万円を追加して整備された施設によく運用を示すのであるが、追加されただけの効果は薄く、期待さるべき利益追加は投資分の中に含まれていない。第6番目も同様である。したがって、第1、第5、第6番目の方法は好ましくない。総投資額に対する利益率を最大にするという観点からは第3番目の方式がよいのであるが、計測されない利益を考慮して第4番目の方式を選ぶことも誤りではない。

表1-10はある岸壁に上屋倉庫を建設する場合、1階建にするか、2階建もしくは3階建にするか、三つの比較をシステマティックに行なう方法を考究するために、仮想の埠頭会社で行なつた例である。建物の耐用年数ば



表 1-10 某港岸壁上に、何階建の上屋兼倉庫を建て  
るべきか検討するために行なつた費用比較

(単位 千円)

上屋倉庫の階数		I	II	III
項	目			
投 資 額				
A	土 地	110,000	100,000	110,000
B	建 物	182,000	242,000	286,000
C	総 計	292,000	352,000	396,000
毎年の収入と支出				
D	総 収 入	48,300	59,600	68,900
E	営 業 支 出	13,200	17,400	22,500
F	税 金 そ の 他	8,800	10,500	11,900
G	減 価 償 却	3,600	4,800	5,700
H	総 支 出	25,600	32,700	40,100
I	差 引 利 益	22,700	26,900	28,800
算 定 利 益				
J	総投資に対する利益	7.8%	7.7%	7.3%
K	超 過 投 資		56,000	44,000
L	超 過 利 益		4,200	1,900
M	超過投資に対する利益		7.2%	4.1%

50年、残存価格は0とした通常の例である。この表だけからは、企業的にみたら、1階建の方が安全かも知れないが、収容力の大きい点、公共的に常に使用される点、または2階建にしてもなお、追加投資の効果が確保されているところから、2階建を選ぶべきである。3階建は「別に理由がない限り、経済性が薄い」という理由で棄却される。

上記の2例は、将来取り扱い貨物量が増加することを予定して、あらかじめ

め施設規模を大きくしておくことの経済研究、もしくは、新たに施設を補充することの経済性を研究する場合に應用される。

紙数の関係で、<sup>詳</sup>論することを避けるが、耐用年数と資本に利子の概念を導入した諸方法間の選択では、一般に

(1) 投下する資本に時間的価値を賦与する本方法論の立場からは、その資本投下によつて得られる施設が生む遠い将来の便益の魅力は減少して評価される。例えば、どのような数値を利率として採用することにしても、それが0%を越えている限り、単に、施設の命数を2倍に長く延すことのために投資を倍にすることは引き合うものでないという原則は注意して守らねばならない。

(2) 利率が大きければ、耐用年数の長い方法の地位は不利である。

(3) 耐用年数が20年以上の場合は、直線的減価償却費プラス平均利子という近似法を使用するよりは第2章で述べたように資本回収の真の等価の毎年費用を計算することが望ましい。

(4) 統計的な命数分布を認識するとき、毎年の資本回収費用はすべての資産が正確に平均耐用年数の間存在すると仮定したときよりも大きくなるが、しかし多くの場合、予想命数分布を求めることは現在の段階では困難であるという理由で、無視せざるを得ない。

以上のような注意は、恒久的な施設と、それに比し耐用年限の短い施設を作ることの優劣、現在の用益のみでなく、将来の用益をも想定して、あらかじめ施設を大きく作るときの経済比較に重要である。実際に、現在では、国内船を対象に7.5mの岸壁があればよいが、将来外国船の出入に備えて、9.0mの構造に築造しておきたいというような事例が多い。このような場合、現在の用益供与による利益とそれに用する費用と、将来の追加用益供与とそれに要する追加費用および得られる利益を、周到に算定し、その追加投資は将来行なうよりも現在行なつた方が経済的であるという確信のもとに行なわれ

るべきである。

簡単な例示として、現在 7.5 m の岸壁を整備するのに 2 億円要するとしよう。20 年後に 9.0 m 岸壁に改造するのにさらに 2 億円を要するが今 3 億円投ずれば、9.0 m 岸壁が築造出来るという場合を考えよう。将来の利益を想定する場合の費用比較は、第 2 章 § 3 で述べた通り現価に直して比較する方がよい。20 年後の 2 億円の投資は、利率を 7% とすれば、表 1-2 を使つて、現価は  $2 \text{ 億円} \times 0.2584 = 5,168 \text{ 万円}$  である。したがつて、現在、1 億円追加投資して 9.0 m 岸壁をつくるより、20 年後に、改造した方がよい。しかし、10 年後に改造の必要が出たらどうか。同じく表 1-2 から  $2 \text{ 億円} \times 0.5083 = 10,166 \text{ 万円}$ 、すなわち、現在 1 億円追加投資して 9.0 m 岸壁を作つた方がよいように思われる。これは投資のみ考慮した場合であつて、年年維持費や施設のデブライシイエイションは考慮していない。これを考慮したときは、現在 9.0 m 岸壁をつくるのは、決して経済的でないことになる。あらゆるものを考慮して、何時頃 9.0 m 岸壁の要請がでてくるならば、現在 9.0 m 岸壁を作つておくことが有利であるかということは、これは次節で述べる費用を最小にする問題、または損益分岐点を求める問題という方法選択のつぎの型で考究されねばならない。要するに、港湾技術における諸方法間選択は、このような基本型式をもとにいくつかの特殊の取り扱い方がいろいろと考究されていく方向にあると思われる。

## § 8 極値を求める問題

前節に述べた問題は、諸方法間の優劣を比較するのに、それが論ぜられるある特性値（利益率もしくは超過便益率など）の大小もしくはその値を示す性質を吟味して比較していく基本的な型に属するものであつたが、港湾技術

の多くの問題は「最も経済的な……………」。「最も効率のよい……………」という極値を求める問題に帰一するような印象を与えるし、また実際にそうである。栈橋1ブロック14mをつくるに当つて、橋脚数とスパンの長さをいろいろ変えて、いのように五通りの方式が考えられるときは、第Ⅲの方法を選ぶことによつて、最も安い栈橋を設計し得るように思われる。一般にこのように離散型の問題についてはいくつかの試行を繰り返し、同一目的を達成

表1-11

方 法	ス パ ン (m)	14m当り上 部の費用 (円)	橋脚及び下部 台 敷 (台)	同 費 用 (円)	総 費 用
I	1.50	8,640	9	19,800	28,440
II	2.00	10,800	7	15,400	26,200
III	2.40	12,520	6	13,200	25,720
IV	3.00	15,120	5	11,000	26,120
V	4.00	19,400	4	9,600	29,040

させるための諸方法の特性値を比較して、極値を示す方式をもつて近似的な最適解とする手法がとられるのであるが、諸方法間のおのおのに対応する前述の特性値が、それを構成するいくつかの変数とともに変化する関数となっており、それぞれの変数の変化によつて特性値が連続的に変化する場合、われわれは数学の知識を用いて、特性値の極値を与える変数の値、すなわち、最適方法を推定することができる。この方法は、§2以下の基本模型で述べた各パターンの解法の最終段階で、非常に多く用いている方法である。このもつとも簡単な例は、第1章の図1-1である。すなわち、施設の近代化を

表示する変数を  $y$ ，それに対応する貨物単位当りの費用に換算された建設費

・輸送費をそれぞれ  $p$  円,  $q$  円とすれば、図 1-1 から、

建設費（管理費などを含む）；  $p = ax + b$

輸送費（港湾荷役費などを含む）；  $q = \frac{c}{x} + d$

総費用：  $y = p + q = Ax + \frac{B}{x} + C \dots\dots\dots (1-33)$

ここで、国民経済的見地から、総費用を最小ならしめるような開発方式  $x$  を推定するには、変数  $x$  に対する総費用  $y$  の関係式 1-33 を変数  $x$  について微分してこれを 0 とおき、これを満足する  $x$  の値

$$\frac{dy}{dx} = A - \frac{B}{x^2} = 0,$$

$$x = \sqrt{\frac{B}{A}} \dots\dots\dots (1-34)$$

が  $y$  の値を最小ならしめる方式として求められる。このように、特性値がそれを構成する変数の各値にいちいち対応して連続関数としての条件を満足するならば、微係数の概念を導入して極値を求めることができる。

今二つの変数で定義される関数  $z$  があり、次式で現わせるとする。

$$z = f(x, y) \quad (1-35)$$

この極値をみつけるには、

$$\frac{\partial z}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial z}{\partial y} = 0 \quad (1-36)$$

とおき、この連立方程式の根  $x = x_0, y = y_0$  において、

$$\Delta = \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} - \left( \frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y} \right)^2 \dots\dots\dots (1-37)$$

とおくとき、

$$\Delta > 0 \text{ で } \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} \text{ (または } \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} \text{)} < 0 \text{ のときは } z \text{ が極大} \quad (1-38)$$

$$\Delta > 0 \text{ で } \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} \text{ (または } \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} \text{)} > 0 \text{ のときは } z \text{ が極小}$$

となる。これは2因子の変数のときばかりでなく、多変数の関数の極値問題にまで拡張でき、確率変数でも差し支えない。このような便利さから、ある変数に対して特性値を連続関数として示すことが困難の場合にも、一応連続値と見なして、上述のような扱いをすることが多い。

またある種の問題は、式1-35で示される関数 $z$ の偏導関数のすべてが連続であるとき、条件

$$\phi(x, y) = 0 \quad (1-39)$$

をみたす $x, y$ につき関数 $z$ を極大または極小にするものは、新しく

$$\omega = f(x, y) + \lambda \phi(x, y) \dots \dots \dots (1-40)$$

なる関数を考えたとき、当然 $\omega$ を極大または極小にするものであるから、

$$\frac{\partial \omega}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial \omega}{\partial y} = 0 \quad (1-41)$$

を満足するはずである。したがって、連立方程式1-39, 1-41を解けば、 $x, y, \lambda$ がきまる。この $\lambda$ は最適方法を示す変数とは無関係で、数学的に取り扱いを便利にさせるために臨時に考えたパラメーターでLagrangeの未定乗数(Larange's multiplier)といわれているものである。

特性値が離散型で、前節の場合もしくは、異種の公共事業間の経済効果の比較のような場合を除くと、問題の定式化の方向は、目的関数とそれを左右する変数との間に何らかの関係式を立てて、式1-35のように表示し、上述した手法のいずれかを用いて極値を求め、最適方法を推定する場合が多

い。これは港湾技術の問題の大部分が、究極的に極値を求めるタイプの問題に帰一することを示すものであるが、特性値に何を選ぶか、すなわち、目的もしくは港湾技術者の行動目標に何を選ぶかは、このような手法を用いる際、常に明確に定めておかねばならない重要な前提条件である。

以上の外に、極値を求める手法としては、逐次割当ての問題あるいはある種の予測の問題を解くときに用いられる変分法の利用などがある。

以上のように微分学の知識を用いず、制限条件を含む目的関数についてのいくつかの連立方程式を未知数について解こうとするリニヤプログラミング、クオドラテックプログラミングあるいは Bellman 流のダイナミックプログラミングも、極値問題を解く独特の手法である。また競争相手の存在を意識して最適方法を考究するゲームの理論も、微積分の極値理論を用いない特殊の解法である。

したがって解こうとする問題が極値問題であることが知れたなら、つぎのように類型化して考えると、最適解を得る手法を比較的早く導き出すことができる。すなわち、

1) 変数について

イ) 連続型か、ロ) 離散型か、ハ) 離散型であるが、連続型として考えられないか。

2) 制約条件(等式や不等式の)

イ) 制約条件のあるもの、ロ) 制約条件のないもの。

3) 問題のパターン

イ) 割当ての問題、ロ) 組み合わせの問題。

4) 順序づけの問題。

5) その他一般の極値を求める問題。

用いられる手法としては、

1) 解析的

イ) 微分, ロ) Lagrangeの未定乗数, ハ) 変分

2) 代数的

イ) Linear programming, ロ) Quadratic programming.

ハ) Dynamic programming, ニ) Gameの理論

3) その他、特別に考究を要するもの。

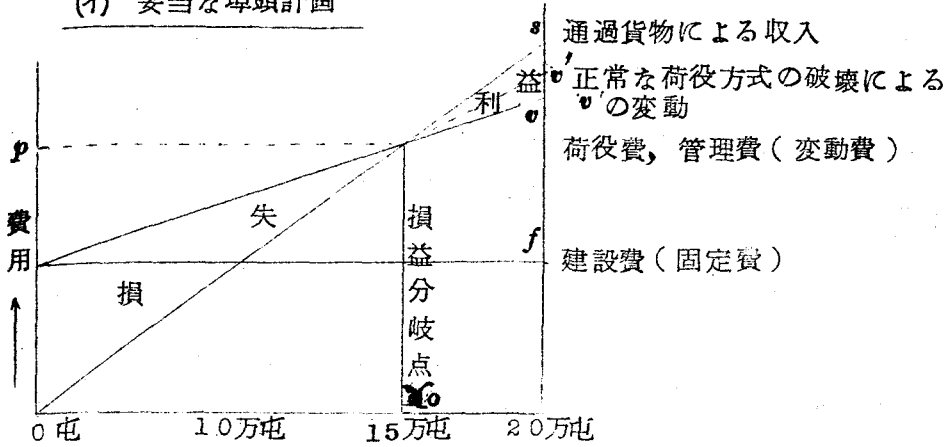
§ 9 損益分岐点を求める問題。

二つの方法間の選択で、一組の条件のもとでは一方が合目的であるが、他の一組の条件では他の方法がより合目的である場合、二つの方法間の相違点の中、その状況において変更しうる条件のある一つのものの値を変えてその他の相違点はこれを一定に維持するという方法をとることによつて、この二つの方法を同じように経済的なものにすることのできる可変の条件を求める。この値は経済学的な用語で損益分岐点といわれている。<sup>13)</sup> このような概念は港湾技術にとつて極めて有用である。二つの方法の比較において、設計のある可変に対する損益分岐点の近似点を知つておれば、予備的な技術研究および諸種の計画策定に非常な助けとなる。重力式岸壁と栈橋との優劣は、水深とか地盤の状況の差によつてどういふようになら変わるか、また、径間の長さと橋台の数との関係、P.C. 構造と鋼構造との損益分岐点、斜面構造と直立式防波堤との損益分岐点、また表1-5に示した材料構造の耐用年数に関する損益分岐点、妥当投資額最小利益率に関する損益分岐点などがあり、これらは港湾技術における今後の大きな研究課題であると思われる。典型的な損益分岐点の概念を説明するために、図1-8を用意したが、これはある港にお

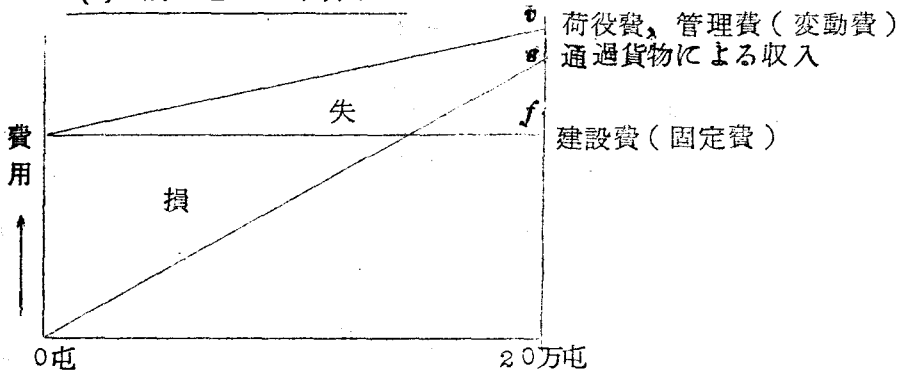


図 1-8

(1) 妥当な埠頭計画

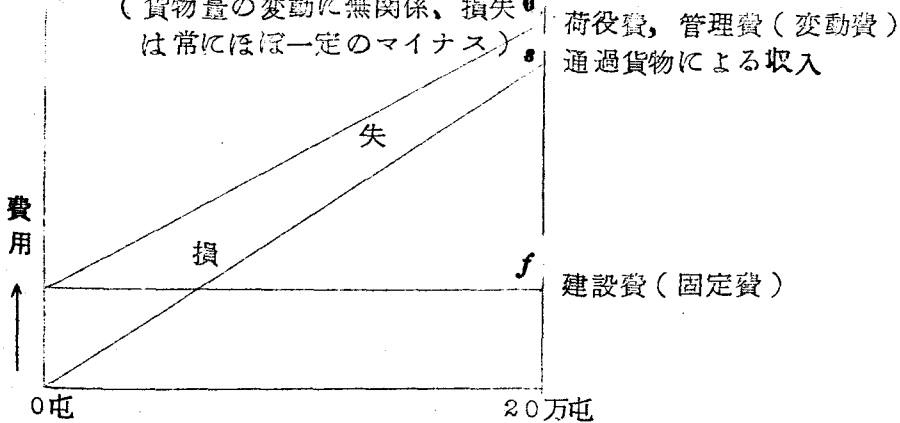


(ロ) 設備過剰の埠頭計画



(ハ) 損失不可避の場合の埠頭計画

(貨物量の変動に無関係、損失は常にほぼ一定のマイナス)



ける貨物量の変動に対して通過貨物の費用を示したもので、毎年の費用で示してある。貨物量の変動に対して建設費は不変の値を示すが、荷役費・施設の使用料・手数料・滞船料・運搬費の実費は、貨物量の増加とともに変動する。企業の売上高に相当する公定輸送費は、貨物量の増加とともに0からほぼ直線的に斜め上に延びる、この仮設港では、図1-8(イ)から取り扱い貨物量 $x$ 屯が損益分岐点なることを知る。すなわちこの港では $x$ 屯以下の貨物の取り扱い高では、常に港として損失を招き、ある限度以上の貨物の出入りがなければ、利益はあがらない。このような港で図1-8(ロ)のように施設の増強を行なつたとすると、荷役業者・倉庫業者それ自体は損失を招かず、かえつて利益をあげることができるが、港全体ではいかに取り扱い貨物量を増加しても利益がない。このような港は不経済といわねばならない。(ハ)のような場合は施設に乏しい港の例で、常に損失を招いているが、貨物量の変動に対して、極端な損失はない。このような例は利用度の低い港で、極端な施設の近代化を図ることは不経済であり、建設費用を小さくし、利用度の向上するにしたがつて逐次港湾の整備を行なうことの合理性を示している。利用度の高い場合、例えば、バラ荷埠頭のような場合には、運営のための費用を少なくし、施設の近代化を促進し、そのために固定費を高める方が得策である。

今図1-8(イ)において輸送費を $s$ 、変動費を $v$ 、固定費を $f$ とすれば、損益分岐点の費用 $p$ は図より明らかに次式で示される。

$$p = f \div \left(1 - \frac{v}{s}\right) \quad (1-42)$$

## 第6章 港湾技術の発展に関する方法論の展開

### § 1 概 説

才1章において港湾技術者の多くがとる立場の問題を提起して、港湾技術の目的を明らかにし、式1-1, 1-2, 1-3,のように表示した。そしてさらに、定量的な形にこれを認識するために必要な概念、すなわち費用とか物の価値を定義した。それは、港湾技術者の問題を実践論的に扱う限り、経済的な問題として処理せざるをえないからに外ならない。

このように立場と目的とを明らかにすることによつて、港湾技術者の行動の指標は、定性的なばかりでなく、定量的な問題として把握することができ最適方法を求める手がかりが得られるとし、その方法論を才3章以下の内容とした。その骨子は現象の定式化、問題の数式化である。複雑な港湾技術の諸問題は広範囲の諸科学の上に立脚しているが、最適方法を求める手がかりは、2~3の重要な概念を導入することによつて、大部分数学的な知識を用いて得られる。その場合、問題を正確にとらえ、もしくはありのままに表現するために、確率の概念が極めて重要であることを指摘した。最適方法を求める実際の手法としては、問題のパターンを分析することによつて、すでに解かれているいくつかの理論を適用することができる。これは、碁でいう定石と見られる。しかし、港湾技術の著しい進歩を真に促すものは、この定石の利用にあるのではなくて、むしろ、新しい定石の発見とその適用にあるといえる。今までに求められた定石は、この新しい定石発見への有力な踏み台になることは容易に想像される。

緒論で述べたように、港湾技術を実践論的な観点から、方法論的に考察し

た本編の前章までの体系の内容によつて、港湾技術のすべての問題が解かれることを主張するものではない。また随所に強調したように、それぞれの責任を有する管理者、技術者の政治的もしくはオペレーショナルな決定とか、判断とかは、別な問題である。また本方法論の適用によつて得られた最適解が社会、または港湾技術者の満足をみたすかどうかの評価は、合目的性の検討という観点から重視して行なわれねばならない。このような注意は、複雑な港湾技術の諸問題に本方法論を適用させようとするときに設けたいくつかの前提条件から、当然必要なことである。

本方法論に述べたようなことが、実際に港湾技術者の間で用いられるかどうかという問題は、実験的に個々の港湾技術者が興味から行なう場合を除いては、オペレーショナルな地位にある港湾技術者の判断によるほかはない。

すなわち、経験とか勘とかにより、ただあいまいに能率を問題にし、経済化・近代化を希求したり、技術の高度化を促進することに満足している限り本方法論の適用は不可能であり、またそこに港湾技術の発展は望めない。

したがつて本方法論の有用な展開は、個々の港湾技術者の合目的性への認識と合理性へのシビヤな追及の態度の他に、問題の解決を迫られている一群の人人の技術革新の底流の知覚によつて始められるといつても過言ではない。このような段階を経て、始めて実際への適用に当つての諸問題が提起される。港湾技術の場合、現在遺憾ながら、一部少壮技術者の間の研究課題の域を脱していないが、今後このような方向に進むであろうことは、断言して差支えないと思う。

## § 2 方法論展開の際の諸問題

本方法論を港湾技術の問題処理のために適用させるに当つて起こる諸問題の才主は、人および組織である。前述したように、港湾技術の諸問題は、広

範圍の諸科学にまたがつており、一つの科学に習熟した技術者の問題として解かれなことが多し。したがつてワンマンワークから組織の力として、一つの問題にぶつかることが要請される。港湾技術を担当している各部門・各機関の人員構成は、現在この意味では、全然そのような組織力を發揮できるように構成されていない。違つた分野の人の協力が円滑に得られるよう質と量との組み合わせの問題を、再考慮しなければならない。

才2の問題は、教育・訓練である。問題を処理するための技術としての本方法論の内容的な問題について、基礎科学を背景に、ある程度の港湾技術の経験者の間に、教育が施されねばならない。その際、チームとしての力が総合的に發揮されるような配慮が必要である。特に重要な教育の内容は、人間の心理ないしは行動の原理である。前者はヒューマンリレーションズ、または人間工学(Human engineering)とか呼ばれるもので、後者の代表的な方法は Time and motion study もしくは Work factor, W.F. と称せられるものである。港湾技術の基礎科学として、確率論や推測統計学のような基礎数学の再教育も必要である。実際に、違つた科学の深い知識を知る場合は、才1で述べたように、組織力を用いて、それぞれの専門的知識を総合的に結集するようにした方が有用である。

才3の問題は計算機械の導入である。ある種の問題を解くためにモンテカルロ法の採用、シミュレーションモデルの作成によつて、よしんば、理論的に問題の模型化が可能であつても、問題の解決にはならない。また前章に掲げたいくつかの問題のパターンで解かれている理論の適用も、ごく単純化された問題を除いては、電子計算機の利用をまたねばならない。現在、I.B.M. UNIVAC その他高級な計算機が実用化されているが、極めて高価であり、取り扱いも大規模である。したがつて、港湾技術の諸問題を処理するために集中化

された組織のところで、このような計算機が保有され、使用されることが望ましい。ある種の問題を解くために、シミュレーター・アナログコンピュータの考案もなされるべきものと思われる。港湾技術者または各部門は、港湾技術の諸問題について本方法論に基づく解法への大筋をあらかじめ明らかにしておき、それをこのような技術センターに持ち込んで解を得たり、他のコンサルタントまたは計算所を利用して、本方法論の実用化をはかることが必要と思われる。

### § 3 結 語

元来港湾技術そのものは、人類社会が希求する理想的港湾社会の実現のために用いられる広汎な科学的手段を意味し、この技術の使用によつて人類社会の公益または公共の福祉の増進が得られるものでなければならない。

しかし、このように観念論的に港湾技術を認識しても、港湾技術者の実践的指導原理は求められない。港湾技術者にとつて必要なことは、港湾技術の観念的な内容を豊富にすることでもなければ、また港湾技術の範囲を定めることでもなく、港湾技術者の行動の指標を求めること、そしてそれを合理的に実践する方法論である。しばしば「よりよい港湾をつくる」ことが、港湾技術者の命題であるように教えられるが、ここで問題になるのは、「よりよい港湾」の実際の意義である。

緒論において、この言葉の持つ実際の意味がいまいであり、このことが港湾技術の発展を遅らせ、また実際に港湾技術が人間社会の福祉増進に十分に役立っていないのではないかという疑問を提起した。この「よりよい港湾」の意味することを当面する港湾技術の使われる各分野において、さらに具体的に分析するとき、「適正な港湾の規模とその配置」を考え、「近代的埠頭を計画し、「安いかつ安定した港湾構造物」を設計し、「能率のよい施工」

を実施し、「最も合理的な埠頭」を管理経営することなどがその内容であることが明らかとなつた。しかし、「適正な・・・」「近代的・・・」「安い・・・」「能率のよい・・・」「最も合理的な・・・」などと表現されたことが、依然抽象的であり、そのため、港湾技術者によつて用いられる港湾技術が、ほとんど無目的に近い状態におかれていることを指摘した。本編の最初ではまずこの点に着目して港湾技術を港湾技術者の実践的な問題として取りあげ、その目的を定量的に把握しようとした。

まず最初に最も代表的な港湾技術上の問題、すなわち「近代的な埠頭施設」の内容を分析した。その結果、港湾技術者の港湾技術を用いる立場と目的を明らかにすることが、港湾技術者の明確な行動の指標を得るために必要欠くべからざる条件であることが明らかにされた。しかしながら、人間社会の中に用いられる港湾技術は、その適用を一様にしていない。それは港湾が、あるときには一般企業の生産施設の一部であり、また海陸交通の結節点として目されるときもあり、極端には、失業救済の事業としてその建設が取りあげられることもある。このように、港湾は国家経済の中にあつてもきわめて複雑な地位を保っている。こうしたことから「港湾をつくる」というすでに与えられたものの生産目標としてでなく、「人間もしくは社会の要請するままに港湾をつくる」という形においてとらえねばならず、社会・経済・政治といった人文科学を含めた総合科学の世界の中で港湾技術を自由に創造していく態度が必要であると強調したものである。港湾技術の用いられる多くの分野は、公共の福祉増進のために「港湾をつくる」場合である。その場合を除いて企業の一部として「港湾がつくられる」場合でも、その目的を定性的ばかりでなく、定量的に明確にするのが必要である。特に公共の福祉増進のために「港湾をつくる」場合、このことが困難視されていたが、その要因を分

析した結果、評価する一定の規準がないためであることが明らかとなつた。

この問題は、もちろん、一般企業の中にあつても困難な問題であるが、港湾技術の多く用いられる公共の福祉増進のためにつくる港湾の分野では、ほとんど考慮されていなかった。そこで、まずこの問題を追及することに大部分の紙数を費したのである。すなわち、オ1章では公共の福祉増進のために、「港湾をつくる」場合に臨む港湾技術者の立場をどのように認識するかについて論じ、オ2章においては、その目的に関する価値評価の一定の基準の設定を行なつたのである。

オ1章では港湾技術者がその技術を用いる立場を、考えることのできるあらゆる場合について想定して論評を加えた。そして、ごく限られた利用者のために、また地方民のために港湾が作られる場合でも、常に国民全体の総体的利益のために港湾技術が使用さるべきことを、国民の決定した港湾法の意図するところから抽出した。このことは、多くの港湾が港湾管理者のもとにその建設・管理が委ねられたところから、往往港湾管理者もしくはその属する公共団体の利益のために港湾がつくられるという考え方に、注意を与えるものである。したがって港湾管理者の設立は、あくまで公共の福祉増進に最も寄与する形と考えるべきで絶対的なものでなく、他によい方法があるのなら、それにとつて代わるべき性質のものである。このようにまず立場を明確に認識することによつて、始めて「港湾をつくる」目的を探し求めることが可能となる。

つぎに従来無目的に近かつた港湾技術者の諸行動はその指標となるべき計画・設計施工もしくは管理経営の目標が、いわゆる「適正な．．．」「近代的な．．．」「安い．．．」「能率のよい．．．」「最も合理的な．．．」というあいまいな言葉で表現されたものについての追及にあつたように思われることか



あ、「港湾をつくる」ことが一般企業で生産技術の占める位置と同等であると見てこれを経済過程の問題として取り扱う必要があることを主張し、これを定量的に扱う客観的な規準は、できうる限り貨幣価値に換算して評価することを提唱した。公共の福祉増進のためにつくられる港湾の生産の場にこのような方法論を導入することは、かなりの困難があるが、ここでは、公共の福祉増進という抽象的な言葉は、費される用役に対する成果の獲得、すなわちその評価は、後者の前者との差もしくは比で表わされるものとした。そしてその評価の基準を客観化するために、一般の基準、すなわち市場における価値比較に用いられている手法である貨幣規準を体系的に導入することを試みた。このことは、建設に費される資本・労力・資材および産出される施設と、その直接の効用や波及する間接的な利益とをすべて貨幣規準に換算し、それを評価し合うものである。この場合、異なれる時期に発生する貨幣で表示される価値基準を正当に評価するためには、金とものの価値の時間的変化を考慮することが必要であるとした。オ2章に掲げた2～3の諸例は、その必要性を強調したものである。

価値の時間的変化について考慮すべきことは、金に対しては利子の概念であり、ものに対してはデイブリシイェーションである。前者は、税金で賄われる港湾事業について考慮する必要はないと主張する人も現実におり、後者ととも、現在一般にあまり考慮されていないのであるが、もしこの金が、「港湾をつくる」ために費されないとしたら、他の方法で国民の利益を何らか保証しえたいに違いない。最小の魅力的公共の利益と称したこの概念は、一般企業における利子とは若干概念を異にするが、港湾技術を適用する各分野において、十分考慮されなければならないと思われる。筆者は、もし港湾をつくらないとしたら得たであろう国民の最低の利益以上のものが、国民に正

しく換元されるという保証を与える意味で、6～9%の利率を港湾技術の諸問題に導入すべきことを主張する。さらに細かくいえば、一般の港湾事業にあつては7%、収益事業と見なされる港湾事業にあつては8%の利率を採用することが、現下のわが国の実情から妥当ではないかと思う。この利率は、借入する金額の貸付利子とは概念が異なることに注意しなければならない。

もののデンプリンイエーションの概念を正当に導入するために、耐用年数を評価することが重要であるが、強調しうる基準はないようである。オ2編の応用例で、その耐用年数を評価する一つの方法を提示したが、このような研究が行なわれていない現在、一般に用いられている諸表を使用して価値評価することも、全然誤りではないと思われる。この価値評価の方法としては各種のものがあるが、費用の同一額毎年払方式に対応して、デンプリンイエーションでは減債基金法が便利であることを述べた。

価値評価は原則として港湾技術者の判断に委ねられているのであるから、どのような方法を採用するも自由であるが、減債基金法は、数値表を用意することによつて、他の方法に見られない便利さがあることを強調した。特に、港湾技術者の行動の指標を求めるときにしばしば用いる毎年の費用算出にあつては、この系を用いる他に便利な方法はないようである。

オ2章の終りに、価値比較の基本方式三つをあげたが、これらの方式間の優劣は別がない。「一体何故にそれが・・・」というような問題に対しては予想利益率を用いる方法が、また「何故今これを・・・」といった類の問題には現価と資本化された費用の算出方法が、そしてその他の港湾技術上の大部分の価値評価には毎年の費用比較法が基礎として使われると思われる。

またこの最後の方法は、「何故この方法で・・・」といった種類の問題に最も明解に解を与えてくれるものであり、しばしば港湾技術者の行動の指標

もしくは最適行動を有用に示してくれる。このような方法論により資本回収係数c.r.f.は、港湾技術の実際的な問題として行動の指標を求める際に重要な働きをするものである。

以上のような諸概念を港湾技術に導入することによつて、「よりより港湾」といつた抽象的な形で希求された港湾技術者の行動の指標は、抽象的なものから定量的なものへと明確にとらえることが可能となるものと信ずる。

オ3章以下は、港湾技術の用いられる実際の分野において、いかにその行動の指標を求めていくかということについての方法論を述べた。オ3章では港湾技術者が実際に当面する問題を実践論的な見地からまず分類し、問題処理の基本的な段階について述べた。問題の性質が把握された後に行なり技術者の行動は、現象の観察であり、仮説の設定である。この場合、現象の底に流れる法則性を早く掴むことが問題解決への鍵であるが、そのためには、現象を定式化することが大切である。

オ4章では現象を定式化する手法と問題のとらえ方について評述した。定式化は、画像・図式またはグラフという従来よく用いられている方法のほかに、数学模型、類似模型が有用であることを主張した。

近時発達してきた統計学の応用は、現象をただ記述するばかりでなく、わずかのデータから、母集団の現象を技術的に有用な形に推測することができるようになった。さらに港湾技術を適用する際にもつとも必要な、将来の事象を推測することもできるようになった。いずれにしても現象は、港湾技術の適用によつて管理統御できる部門と、できない部門とから構成されているという認識は重要なものである。われわれは、管理統御できる部門でも、それが現象に対して重要な影響を与えないと認めたとき、これを管理統御できない部門として扱い問題を簡単化することができる。こうすることによつ

て、かえつて問題の核心にふれ適正な解を求めることができることが多いことは特記すべきことである。定式化は、港湾技術者の行動を合理的にならしめる前提であり、最適行動を選択することが、直接港湾技術者に課せられた任務である。才<sup>1</sup>章は定式化と、最適行動との関係を述べた。多くの港湾技術の問題は、極値を求める問題、効率の最大、最小値を求める問題、いろいろに考えられる諸方法間で比較する問題、管理したい限界点を求める問題などに分類できる。問題の種類は、定式化に当つての模型のパターンからいくつかのタイプに類別でき、それぞれ解への道が考究されている。本論ではこれを才<sup>1</sup>種の基本模型、才<sup>2</sup>種の基本模型と類別し、港湾技術のあらゆる問題の取り扱いに方法論を適用するのに便ならしめた。そして、極値を求める問題、効率に関する問題諸方法間の比較の問題および、限界点を求める問題の取り扱いについて述べた。ここで述べられた手法の例示は、著でいう定石みたいなものである。この手法そのものは、数学を背景にした新らしい応用科学の一部門を構成している。これに対する記述は本論の才<sup>2</sup>の重要な構成部門であつたが、強く主張したいのは、港湾技術にあつて重要なことは、ここに掲げた例示そのものでなく、考え方にある。すなわち、われわれの当面する港湾技術が用いられる分野において、新らしい問題の中から、例示に似めたような手法が生みだされていくことである。

本方法論の展開にあたつて幾多の困難な問題がある。その才<sup>1</sup>は、港湾技術が従来の土木工学だけにささえられるものでないという認識である。港湾技術の諸問題は、広範囲の諸科学にまたがつていることである。そのため、オペレーショナルな地位にある港湾技術者を始め、多くの港湾技術者による強い反省と、組織の再編成が企てられねばならない。そのため、教育、訓練も必要であるし、高度の計算機をもつことも必要である。

しかし港湾技術の発展の可能性が、このような方法論のみで得られるものと理解されてはならない。すでに明らかにしたように、本方法論の適用は現象の定式化に重要な意義を見出しており、そのために用いられる模型化は、港湾において実際に発生する問題をそのままとらえているものでない。また「港湾をつくる」こと自体は、あくまで人間、社会の中の生産事象であり、完全な科学的体系のもとに本方法論が策定されているものでもないこととも合わせて注意しなければならない。

このような方法論によつて求められた港湾技術者の行動の指標を人間、社会の生産事象に適合すべく経験に培われた勘を巧みに運用することがさらに重要なことと思う。

そうすることによつて始めて本方法論の提案の意義が生じ、また港湾技術が、ただ「港湾をつくる」ために用いられるにとどまらず、「人間・社会の繁栄している港湾をつくる」ために積極的に用いられるようになる。

そこに港湾技術の発展が今より一層期待されると信ずるものである。

## 第2編 神戸港における本方法論の適用

### 目 次

まえがき .....	176
第1章 輸出埠頭におけるバース割り当て .....	178
第2章 埠頭における陸上諸施設の計画 .....	309
第3章 施設および機械の更新計画 .....	403
第4章 円弧すべりの新計算法 .....	447

## ま え が き

本編は第1編に述べた方法論を具体的に説明するために、著者の関係した神戸港工事事務所において、行なわれた各種の作業の中から例示的に四つを選んで、その内容を詳述したものである。第1章は輸出振興の要請にこたえて輸出雑貨の専用埠頭を計画するに当たり、まずこれが「何故つくられねばならなくなつたか」という社会的な事情を分析し、計画者の立場を明らかにした上、計画の方針を明確にした。そのことにより、埠頭の規模と配置を根拠をもつて示すことにした。また、計画者のこのような一貫した施設計画の態度は、埠頭が建設されたときにも、「計画されたように、その施設が管理、運営される」ことを望むものである。このようなことは、港湾技術が、ただ単に命ぜられたものをつくるだけに利用されるのではなく、埠頭経営についても、基本的な考え方に対して技術的な主張が行なわれているということに注目しなければならない。計画するに当つて一貫して示されている態度は、第1編において強調した国家的見地に基づくものであり、そのことにより港湾技術者の各行動指標が明示されている。最適行動の選択には、第2種の模型の二つが利用されている。埠頭を必要とする船舶の入出港と陸上貨物の搬出入の機構を分析した結果、埠頭における機能をサービスの窓口とみれば、ラムダムに到着する客体についての待ち合わせ行列の問題であり、一方施設の稼働・遊休の観点から、施設の規模を想定しようと思えば、在庫理論の考えを適用することができる。

第2章は、埠頭上の陸上施設の規模を、第1章に関連したものとして計画したものである。

第3章は、港湾技術の困難な問題として放置されていた施設および機械の

廃棄更新について、考え方の基準を与えようとしたものである。このような試みは、慣行を批判し、現行法規にとらわれることなく、港湾技術を真に国家経済に寄与させることに役立たせることができるものと思う。

以上は、いずれも計画上の問題として考えられる諸例であるが、本方法論は設計や施工においても、また事業所の管理上の問題にも適用可能である。各種の工程計画を策定する問題<sup>19)</sup>、その他船団の適性規模を編成する問題、ダムブトラックの配車を決める問題、公務災害を防止する問題、メタルホームを採用する問題、コンクリートの品質管理に関する問題などがすでに取り上げられ、それぞれ考究されている。<sup>20)</sup>

才4章は設計計算における本方法論の適用例を掲記したものである。これは、港湾技術者の行動目標を明確にするとともに、本方法論に示された手順を正確に追うことにより、従来とは違つた方法が最適行動として採用されるに至つた経緯を示すほかに、電子計算機の有用な側面を強調している。ここでも、合理的に解くということより、合目的的に問題を扱うことを重視している。したがつて、合理的に行なえば解ける一つ一つの値でも、これが複雑なら、ここでは必要に応じて管理できない変数として式1-23のところで述べたような考え方を適用し、その変数の変化を統計値とみなし、推計学の新しい知識を導入して解くようにした。その結果、従来の方法によるよりも、かえつてより正確な値を求めることができるようになったばかりでなく、より合理的となり、必要な精度にとどめるならば、設計に要する時間および労力と経費を大幅に節約しうることを証明した。設計計算の精度を合目的の範囲にとどめ、計算時間と、経費労力を節約することが、港湾技術者の行動の指標であるとしたものである。



# 第1章 輸出埠頭におけるバース割り当て計画

## 目 次 詳 細

§ 1 神戸港における貨物取り扱いの現状 .....	182
1 ) 荷役の現状 .....	182
2 ) 公共上屋の使用状況 .....	183
(1) オープン上屋 .....	183
(a) 使用許可基準 .....	183
(b) オープン上屋の保管責任 .....	183
(c) 上屋の鍵 .....	183
(d) 使用の実体 .....	184
(2) 専用上屋 .....	184
3 ) 代表的な貨物の流動と港湾作業の実態 .....	184
(1) 営業倉庫を経由する場合 .....	184
(2) 乙仲の上屋を経由する場合 .....	185
4 ) 港湾諸掛り（輸出の場合） .....	186
(1) 製品の港頭への輸送 .....	186
(a) 置場渡し .....	186
(b) 庫前渡し .....	186
(c) 船側渡し .....	187
(2) 営業倉庫経由、船積みの場合の諸掛り .....	187
(a) 庫入、庫出料 .....	187
(b) 保管料 .....	187
(3) 営業倉庫を経由する場合の乙仲の諸掛り .....	187

(4) 乙仲の上屋を経由する場合の諸掛り	188
(5) 経岸荷役を行なう場合の諸掛り	190
5) 何故経岸荷役が行なわれないか	191
(1) バースが航路別に割り当てられていないこと	191
(2) 突堤上の上屋を乙仲が占用していること	191
(3) 港湾運送事業料金に関する問題	192
6) 港湾運送事業者の実体	193
7) 貨物の流動	194
8) レシーブド・ピーエルの問題	194
§ 2 神戸港における運航船舶の現状	195
1) 定期航路と船舶運航	195
(1) 定期船と不定期船の比率	195
(2) 本港に寄港する航路名および配航状況	197
2) 神戸港の性格（輸出船、輸入船）	198
3) 月末集中と管理貿易	199
(1) 現 状	199
(2) 解決への方向	201
4) 出入港時間と滞船時間	202
(1) 出入港時間	202
(2) 航路別平均の滞船時間	208
5) 荷役時間と荷役能力	208
§ 3 港湾施設合理化への方向	210

1) 基本的な考え方	210
2) 合理的な貨物の流れ	211
3) 航路別バス割り当て	220
4) 費用軽減のための施設の近代化	220
§ 4 輸出埠頭における航路別バスの割り当て	221
1) 航路選定の条件	221
2) 割り当てられた航路の特性	222
§ 5 計画目標の設定	224
1) 神戸港における貨物の品種別数量および、船舶運航の現況	225
2) 神戸港昭和37年における取り扱い貨物量の推定	231
(1) 神戸港全体の取り扱い貨物量の推定	231
(2) 航路別取り扱い量	231
3) 計画目標としての取り扱い貨物量	233
4) 1隻当り平均貨物取り扱い量	236
5) 航路別入港船舶の現況と将来の見透し	243
(1) 一般的傾向	243
(a) 既往のすう勢線	243
(b) 相関法	244
(c) 将来の推定	244
(2) 航路別入港船舶の現況および、将来の見透し	251
(3) 入港隻数と実荷役隻数	253
6) 平均在港隻数と入港隻数	254

(1)	1 日平均在港隻数	254
(2)	平均在港日数	258
7)	航路別在航隻数の分布	260
8)	所要バース数の推定	271
§ 6	入港船のバース待ち, および埠頭の経済的評価	275
§ 7	バースの計画	292
1)	入港船の船型の現状	292
2)	将来の船型の一般的な予測	301
3)	港 湾	302
4)	原子力船について	303
5)	バースの水深とバース長	304
6)	摩耶埠頭におけるバース割り当て計画	305
§ 8	結 語	306

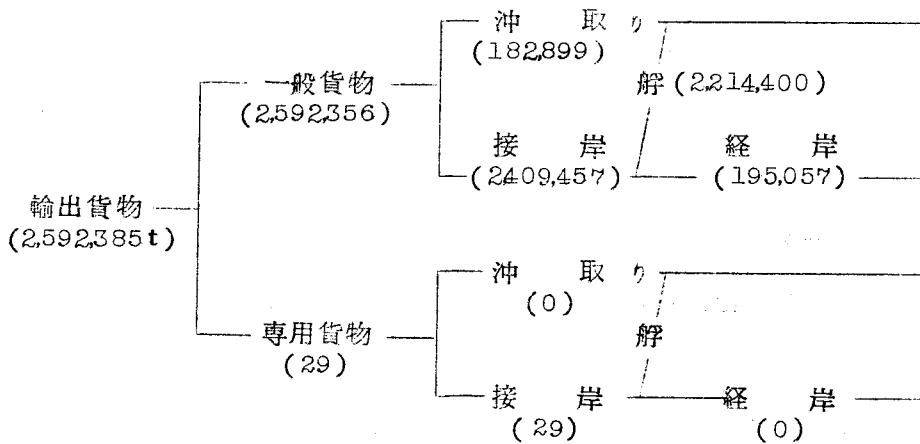
## § 1 神戸港における貨物取り扱いの現状

### 1) 荷役の現状

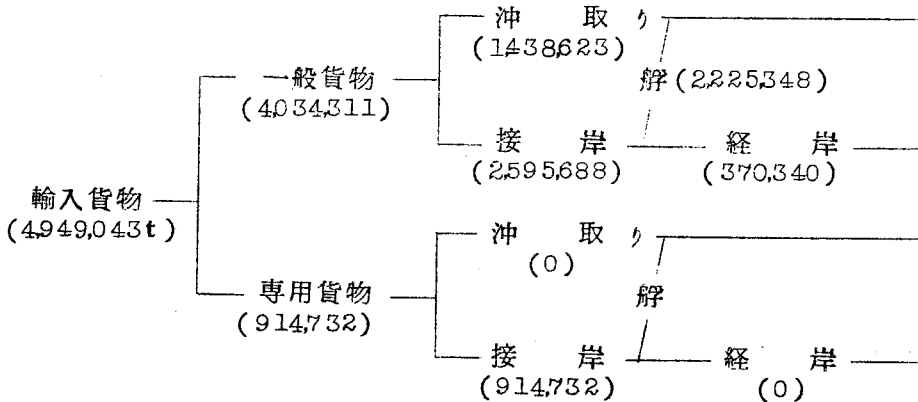
表2-1.1 によつて明らかなように、神戸港の雑貨荷役はその大部分がはしけによつて行なわれている。これは、この統計の示している昭和31年の特有の現象ではなく、また神戸港のみに生じている現象でもない。この荷役形態は、わが国の主要港における外貿雑貨荷役の共通的な荷役形態である。

表2-1.1 神戸港外貿貨物の荷役状況

昭和31年<sup>出</sup>の場合



昭和31年<sup>入</sup>の場合



註 【専用貨物とは鉱油類をいう】

## 2) 公共上屋の使用状況

神戸港の港湾管理者が管理している上屋は、その運営方式から二通りにわけられる。すなわちオープン上屋と専用上屋である。新港地区はオープン上屋、兵庫突堤地区は専用上屋、中突堤地区は一部オープン、一部専用となっている。以下新港地区の場合について、上屋の使用状況をみるとつぎのとおりである。

### (i) オープン上屋

(a) 使用許可基準。 「港湾施設を使用しようとするものは市長の許可を受けなければならない」という規定に従い、神戸市では内規としてその使用許可対象を、港湾運送事業法に基づくオ一種登録業者で税関貨物取り扱い人の免許を有する者に限定している。

(b) オープン上屋の保管責任。 「港湾施設の使用により、港湾施設もしくはこれを使用する船舶または貨物に与えた損害に対してはすべて使用者がその責に任ずる」という条文によつて明白なように、神戸市は上屋蔵置き貨物の保管責任を負わない。ただ上屋の施設の善良な管理者としての道徳上の責任だけが市の方へかかってくる。このような条文の精神は、大蔵省が管理していた時代からのもので、その根本原理は上屋使用料は保管料でなく、スペースの使用料のみを徴収するという思想に基づくものである。

(c) 上屋の鍵。 上屋の鍵は神戸市港湾局の新港管理事務所が保管し、必要に応じて業者に貸与する。この場合は、上屋を使用する業者の指名する責任あるものをあらかじめ登録させ、その登録者のみに鍵を貸与する。しかし、このような方法をとつても、鍵の授受に来るのは現場の作業員であつて、登録者以外に鍵を手渡すことも起り得るので、

この場合の責任の所在が問題として残る。

- (d) 使用の実態。 オープン使用という原則をとっており、したがって乙仲の机を上屋内におかせず、上屋と上屋の間あるいは突堤の基部に小屋がけをして机をおかせ、各方面に専用使用の印象を与えないように注意している。しかし大手筋の乙仲は集貨能力が大きく、したがって始終貨物が出入するので、乙仲としては保管の安全・作業能率の面から、自己の貨物を一箇所に集めておく方が好都合である。このようなことから新港 突堤上の限られたスペースの上屋が専用使用のような状態にならざるをえないのである。

## (2) 専用上屋

規制の範囲内において、専用上屋の運営は専用許可を受けた業者の自由である。上屋の鍵は業者が自分でつける。新港地区にはない。このような上屋は、埠頭が公共事業で建設されている限り、原則として存在し得ないものと思われる。

## 3) 輸出貨物の流動と港湾作業の実態

輸出貨物が工場から搬出されて、船積みされるまでの経過を神戸港における代表的な品目である繊維製品について述べるとつぎのとおりである。

### (1) 営業倉庫を経由する場合

この場合生産者より御抱えの運送店を使用し、これに送り状を持たせて工場（例えば染工場など）を出発し、目的地（港頭倉庫）へ向う。この送り状には商社名・品名・数量・内容などが記されている。倉庫会社では到着した貨物について外装に異状がないかを点検の上、相違がなければトラックの運転手に対し送り状と引き換えに貨物到着案内（貨物受け取り証に代わるもの）を渡す。倉庫会社の現場作業員は、到着した貨物の外装記号

(輸出マーク・品名・インチヤール)をスケッチの上、タリーシートを倉庫会社の入庫係へ提出する。入庫係はこのスケッチと送り状とを照合して貨物に異状ないかを点検の上、各商社別の入庫番号をとり、商社に入庫した旨電話する。そして子会社である沿岸荷役業者に庫入れ指図書を発行し入庫させる。

輸出通関手続きは乙仲によつて行なわれ、輸出免状が交付されると、商社より乙仲へ荷渡しされたいという荷役指図書が倉庫会社へ提出される。倉庫業者ではこれに基づいて、乙仲へ荷渡しすべき旨記載された出庫指図書を沿岸荷役業者に対し発行する。乙仲は上屋駐在の税関職員に対し、貨物搬出届けを提出し、許可を得る。貨物の搬出は沿岸荷役業者が行なう。貨物が搬出されると、倉庫会社は船積み貨物搬出報告書を商社へ提出する。艀運送事業者である乙仲は、艀によつて本船の舷側まで運搬し、マストクレーンのフックまでの責任を持つ。

## (2) 乙仲の上屋を経由する場合

工場から品物が到着すると、商社へ入庫報告を送り、貨物を上屋へ搬入する。その作業は、沿岸荷役業者が下請けする例が多い。乙仲は、上屋駐在の税関職員および神戸市新港管理事務所へ搬入届を提出する。商社から船積み書類一式(Invoice, E/Lなど)を受け取り、これにより通関手続を行なう。輸出免状が税関から交付されると、搬出届けを新港管理事務所に提出すると同時に、上屋駐在の税関職員へ搬出届けおよび輸出免状を提出し、輸出免状に搬出許可のサインをもらつて貨物を搬出し、艀へ積む。艀回漕の場合、一艀にみたない貨物の最低料金は、公定価格では使用艀船腹の80%相当額となつている。しかし実状はダンピングのため、艀の場合30トン、機帆船の場合10トン分の料金でよい



ことになっている。したがって小口の場合は、舁を使用しないで機帆船を使うことが多い。舁運送業者である乙仲によつて舁回漕が船側まで行なわれると、船内荷役業者であるステベによつて船積みされる。荷渡しは、船側 乙仲両方から派遣された専門の検数人によつてチェックされる。これは、ここで荷主から海運業である船側に正式に荷渡しされるからでもある。船積みが終わると、乙仲はM/Rを検数人の事務所から受け取り、商社からもらい受けた船運賃をもつて船会社へゆき、B/Lの発行を受ける。B/Lを商社へ納付することによつて、作業料の支払いを受ける。

#### 4) 港湾諸掛り（輸出の場合）

輸出雑貨埠頭の計画を行なうに当つて重要なのは、港湾諸掛り（Port charge）である。ここで問題とするのは、港湾運送事業の面における諸掛りであつて、船舶の入港諸掛りについては触れない。それは後者が前者に比して安いからという理由のほかに、後者の料率のきめ方が、原価計算に基づくというより、政策で定められており、合理化の対象となるものでないからである。

##### (1) 製品の港頭への輸送

製品の港頭への輸送には、商社とメーカーとの契約の仕方によつて三通りに分れる。

(a) 置場渡し。 工場で商社が貨物を受け取り、それ以後商社の負担で港頭へ運送する。

(b) 庫前渡し（Exgodown） 港頭上屋あるいは倉庫までメーカーが運搬するもの。トラックなどよりの取り卸し・庫入れは商社の負担となる。

(c) 船側渡し(F.O.B)。メーカーが本船の船側までの一切の諸掛りを負担するもの。雑貨の場合はほとんど「庫前渡し」で、鋼材などの場合はF.O.B.が多い。

(2) 営業倉庫経由貯積みの場合の諸掛り、(繊維製品の場合……M倉庫の例)

(a) 庫入・庫出料 倉庫会社では品目によつて上屋保管の場合普通倉庫保管の場合に分け、それぞれ別立ての料金を徴収している。すなわち、綿布は上屋保管、スフ・人絹・綿の二次製品などは普通倉庫保管としている。

上屋保管の場合は、庫入料145円/トン、庫出量175円/トン(内30円は検数料)合計320円/トンで、神戸港港湾料率表の沿岸荷役料金オ七類および貨物検数料金オ四類がそのまま適用される。

普通倉庫保管の場合は、庫入れ・庫出しともそれぞれ174円/トンであつて、料率表の普通倉庫荷役料金オ七類がそのまま適用される。これは検数料を含んだ料金である。

(b) 保管料。 上屋保管の場合は、料率表の上屋保管料金がそのまま適用され、搬入の日から7日目まで1日1トンにつき43円、8日目以降51円という料金である。つぎに普通倉庫保管の場合は、料率表の普通倉庫保管料率がそのまま適用され、従価率により綿の二次製品の場合は100円につき11銭(1才につき3.70円)スフ・人絹の場合は同じく100円につき10銭(1才につき3.90円)となる。

(3) 営業倉庫を経由する場合の乙仲の諸掛り

大倉庫会社はさきに述べたようにオ一種港湾運送事業の登録をなし、乙仲業務もできるわけであるが、輸出の場合は一般に商社は倉庫会社を保管の場としてのみ利用し、その他の業務はいわゆる乙仲にやらせることが多

い。この場合、乙仲が倉庫会社の浜まで斛を回漕するが、それに積み込むまでは倉庫会社の負担となる。

このときの乙仲の料金は（通関手数料は含まず）、料率表の船積み貨物港湾運送料金および船積み貨物取り扱い手数料の合計 970 円／トンとなるが、実状は乙仲相互の競争によつてダンピングが行なわれ、900 円／トンまたはそれ以下となつている。

(4) 乙仲の上屋（新港市営上屋）を經由する場合の諸掛り

乙仲が一貫作業として商社から港湾作業を請負つた場合の諸掛りは、料率表の船積み貨物港湾運送料金および船積み貨物取り扱い手数料により繊維製品の場合は合計約 1,300 円／トンである。これは上屋への搬入から本船船側までの運搬で、通関手数料は含まない。この内訳は表 2-102 のとおりである。すなわち、夜荷役割増料その他がプールで計算されている。しかしながら実態はやはり乙仲相互の競争によりダンピングが行なわれ、15 日間ぐらいの上屋保管料をプール計算して 1150 円／トンという料金がとられている。これはある乙仲の場合であつて、この料金は上屋保管料金のプール計算によつて全く変つてくるし、また、荷動きの状態によつて始終変動している。現今のように海運市況の低迷しているような場合は、800 円～1,000 円／トンが相場だと商社筋では観測している。

新港地区の市営上屋はオープンであるから、乙仲から市へ支払われる上屋使用料は、料率表の上屋使用料であつて、その内容はつぎのとおりである。すなわち、

貨物搬入の日から 3 日まで；	無料
4 日目以後 15 日まで；	1 トン 1 日ごとに 400 円
16 日目以後 30 日まで；	1 トン 1 日ごとに 800 円

(以下略)

となつてゐる。しかしこれに対して乙仲が商社から上屋保管料として徴収できるのは、料率表の船積み貨物上屋保管料金であつて、一般雑貨の場合は搬入日以後14日目までは1日1トンごとに22円、15日目以後30日目までは1日1トンごとに27円となつてゐる。だが、実際はこれを適当にプール計算して前述のように実際の料金が決められてゐる。

表2-1.2 船積み貨物港湾運送料金および船積み貨物取り扱い手数料(1トン当り)

作業区別		料金	備考
運 送 料 金	1. 庫入, 庫出	310.5 <sup>円</sup>	沿岸荷役, 才六類料金 同 上 Pool 計算
	庫 入	135.0	
	庫 出 解 積	135.0	
	夜 荷 役 割 増	40.5	
	2. 検 量 作 業	55.34	Pool 計算
	基 本 料	49.4	
	夜 荷 役 割 増	5.94	
	3. 検 数	84.96	Dock Side 待機料を含む
	基 本 料	66.0	
	夜 荷 役 割 増	18.96	
	4. 解 回 漕	363.0	解回漕, 才四類料金 Pool 計算 "
	基 本 料	250.0	
	夜 荷 役 割 増	71.25	
	二ヶ所以上作業割増	25.0	

	空 ト ン 分 担 金	16.75	Pool 計算
	5. 店 費	203.96	
	合 計	1,017.76	届出料金 1,020円
取 扱 手 数 料	250.0		
総 計			1,270円

( 雑 貨 ・ 自 転 車 ・ ゴ ム 製 品 )

(5) 経岸荷役を行なう場合の諸掛り

冒頭に述べたように、経岸荷役はほとんど行なわれないのであるが、料率表には貨物突堤船積料金というのがあり、雑貨の場合530円/トンとなつている。これは船会社のエージェントであるステベが上屋において貨物を受け取り、船積みする場合の料金である。

現状で経岸荷役が行なわれるのは、本船の出航間際に小口の貨物を船積みする場合に多い。突堤上の上屋は前にも述べたようにほとんど乙仲が占用しているので、エージェントはやむを得ず岸壁で貨物を受けている。この場合便宜的に350円/トンに割引き、これを乙仲から現金でM/Rと引き換えに徴収している。これらの料金は通関関係の費用を含まず、また上屋保管料(蔵置き期間が3日を過ぎた場合について)を含まない。その内訳は表2-1・3のとおりである。

表2-1・3

	一 般 雑 貨		一 般 雑 貨
上 屋 搬 入	151.00円/トン	人 夫 待 機 料	25.81円/トン
上 屋 搬 出	151.00	貨 物 警 備 料	30.26
同上夜荷役割増	56.93	小 計	486.31
受 検 数	30.00	事 務 費 10%	48.63
渡 検 数	30.00	合 計	534.94
同上夜間割増	11.31	届 出 料 金	530.00

この計算方式はやはり乙仲料金の場合と同じくプール計算である。以上により、もしエージェントが上屋で貨物を受けることのできるような体制が整えられた場合には、工場から直接上屋へ搬入すれば530円で船積みができることとなる。

#### 5) 何故経岸荷役が行なわれないか

基本的には艀荷役よりも経岸荷役の方が諸掛りが安いことは今述べたとおりである。すなわち、現行の料率でも港頭における横持ちを最小にすればよいわけで、本船の留置されているバースの上屋との間に荷役が行なわれればよいことになる。ところが表2-1.1に示されるように実際上は経岸荷役が行なわれていない。その理由はつぎのようである。

##### (1) バースが航路別に割り当てられていないこと。

わが国の主要な雑貨埠頭はすべて公共埠頭であるために、特定の船会社の船舶のみを留置せしめるわけにはいかない。したがって現状では、たまたま空いているバースがあれば、どの船会社の船舶でも先着順に優先してそこへ留置することができる。すなわち、どのバースに接岸できるかは入港間際にならないと決まらない。このような現状であるために、そのバースの上屋へその本船に積み込まれるべき貨物が搬入されているとは限らない（というよりもむしろ搬入されている場合はまれである）。そうになると、勢い横持ち距離が大となる。横持ち距離が大きくなると、どうしても艀回漕をする方が安くなるように、現行の料率ではなっている。

##### (2) 突堤上の上屋を乙仲が占用していること

突堤上の上屋は本来荷捌き場であつて、保管の場所ではない。上屋で貨物を行先き別に仕訳して、本船が到着したときに貨物をその積み付け計画に従つてそれぞれのハツチのところまで運搬するというのが上屋の理想的

な使用法であるといえよう。それにもかかわらず現状は、前にも述べたように乙仲が貨物の行先きとは無関係に倉庫代りに上屋を使用している。したがってこのようなことが続く限り、いくらバース割り当てを実施したところで、経岸荷役は行なわれない。

### (3) 港湾運送事業料金に関する問題

航路別 バース割り当てを実施すれば、今のような公共上屋の使い方で、やがては乙仲がそのバースに着岸する船に積まれるような貨物をその上屋へもつて来るだろうという論が成立するかも知れないが、これは空論である。

乙仲のいわゆる一貫作業料金なるものは、さきに説明したように、解回漕をその軸として構成されたものであるが、経岸荷役をした場合もこれと同一の料金を商社からもらい受ける。しかし、乙仲は経岸荷役の場合はエージェントへ1トン当たり350円を現金で支払わねばならない。この場合は解を使わないので、350円は全部乙仲の損ということにはならないが解を使う場合は（多くの場合）、それは自家解であり、したがってその都度現金の支払を必要としないことを考えれば、この現金支出は痛い。このようなわけで、乙仲としては経岸荷役をすれば、それだけ商売上の妙味が薄くならざるを得ず、どうしても自家解を使う今の荷役形態に追従することになる。

普通経岸荷役を行なうのは、前にも述べたように、本船の出航間際に小口の貨物をいそいで船積みするという場合に多い。この場合、乙仲は相手の商社が得意でない場合には、一貫作業料金の他に〔350円＋横持料〕を請求する。得意先の商社である場合には、横持料が解を使わないことによるプラスの分と相殺されるものとして、一貫作業料金のほかに350円

のみを請求する。しかし商社によつては、この350円すら支払つてくれないこともある。

いずれにせよ乙仲にとつては、艀荷役こそ最も「うまい」、そして「わずらわしさ」のない荷役方法なのである。

#### 6) 港湾運送事業者の実体

現在神戸港には約250社におよぶ港湾運送事業法による登録業者がいるが、そのうち貨物の船積み・陸揚げを支配しているのは、80社に近い矛一種登録業者である。特に輸出の場合は、そのうちのいわゆる乙仲が突堤上の上屋にも進出し、輸出貨物の船積みについては乙仲がその主軸をなし、船会社のエージェントが進出する余地は全くふさがれているというのが現状であるといえよう。これらの乙仲は約70社であるが、激しい貨物の奪い合いを行ない、その結果港湾運送事業法に公然と違反して料金のダンピングを行ない前にも述べたように15日分くらいの保管料をブールして1000円/トンベースなどといわれている。一方、これに対して船会社のエージェントのステベ、あるいは営業倉庫は、このようなダンピングを行なわず、厳格に規定どおりの料金を徴収する。それは気質にもよるが、これらの業者は普通の乙仲とちがい、ステベなりあるいは倉庫業なりの面で別に収入源を確保しているからとも思われる。

また、商社の側からすれば、雑貨の場合輸出コストに占める港湾諸掛りは1%足らずで、取るに足りないようであるが、商社の利益率の面からみると港湾諸掛りの占める割合は大きく、したがつてその低下は商社にとつて極めて重要となる。戦後の貿易は管理貿易であるために、商社は単なる口銭商売となつてしまつたので、このことは一層深刻である。そこで商社はマージンの少ないときは、容赦せず弱い乙仲を叩く。したがつて現今のダンピング



の一半の責任は、商社側にあるといえるが、何といてもその大半の原因は乙仲の数が多過ぎることと、その企業基盤の劣弱なことである。しかし、その結果として商社はきわめて安い料金で済んでいるわけであり、このような現状では、商社の方からは荷役合理化の積極的な意欲は起こつてこないものとも思われる。

#### 7) 貨物の流動

貨物は必ずしも諸掛りが最も安くなるように流れるとは限らないということとを認識する必要がある。すなわち、前に述べたように、輸出繊維製品の場合に、保管の確実という点、また繊維の場合港頭における開梱・再梱包が多いので、梱包機械のある営業倉庫を利用するという事例に見られるごとく、大商社は少しくらい高くついても、確実便利な荷役のコースをたどることがある。

#### 8) レシーブド・ビーエル ( Received B/L ) の問題

船会社としては、上屋の保管信用が確実であることが第一条件となるが、それだけでは不十分である。すなわち、上屋に対し船会社の管理権がおよんでいることが必要である。このことは船会社が上屋を直接管理すること、あるいはエージェントであるステベが管理することを意味するものであるが、これは船会社数社の共同管理でもよい。

何故このような船会社の管理権が必要かは、つぎの理由による。すなわち、レシーブド・ビーエルを上屋で発行することは、それ以後の責任が船会社に帰属することを意味するので、荷主に対する責任は問題がないが、船会社内部における責任の処理が問題となる。すなわち、主として本船と船会社との間の責任であつて、例えばダメージが本船の責任に属するか、あるいは船会社の責任となるかというような内部的な責任の処理である。しかし、この点

はレシーブド・ビーエルの発行に توسطして本質的な問題ではなく、やはり上屋  
経営方式の問題が解決されることが先決である。

現在諸外国で上屋においてレシーブド・ビーエルの発行ができる状態にあ  
りながら、米国などを除き実行に移されないのは、(1)銀行が引受けないこと  
と、(2)商習慣の理由によると考えられる。

レシーブド・ビーエルの問題は、要するに船会社にとっては荷主に対する  
一つのサービスに過ぎず、日本のような港湾事情では、時期尚早とさえ船会  
社では考えているようである。この点商社は、レシーブド・ビーエルの発行  
が上屋で行なわれれば、それだけ早く、商行為が済まされるのであるから、そ  
の実現を強く要望しており、それができないのは、日本の上屋がお粗末であ  
ること、上屋の管理方式が悪いからという理由もあけて港湾管理者にその改  
善を要求している。

## § 2 神戸港における運航船舶の現状

### 1) 定期航路と船舶運航

#### (1) 定期船と不定期船の比率

昭和31年入港外航船の内訳は表2-1・4のとおりである。

表2-1・4

入 港 船	定 期	不 定 期	旅 客
4,269隻	3,173隻	870隻	58隻
100%	74%	20%	1%

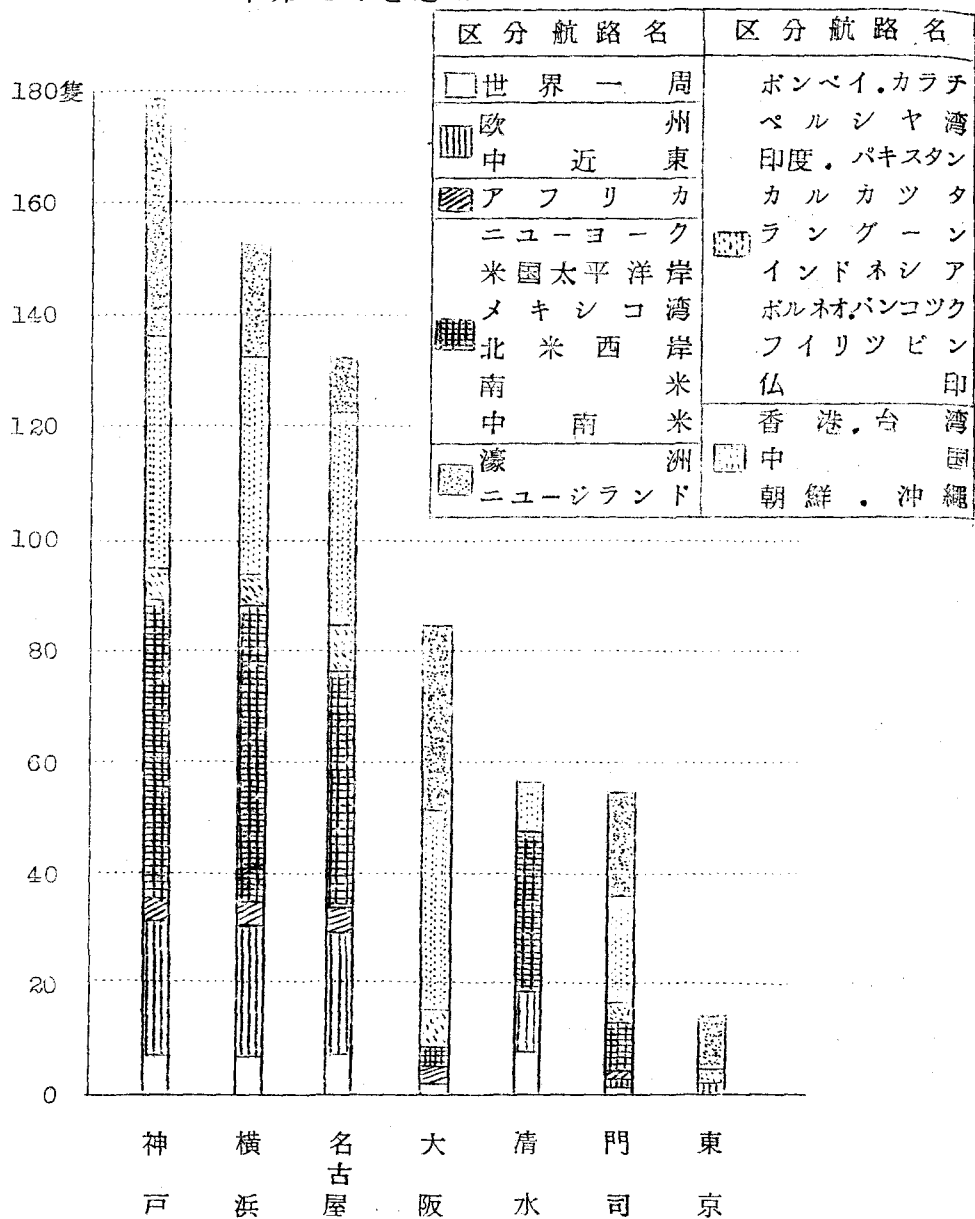
〔註〕 タンカー93隻を除外

定期船が全体の7割以上を占めているが、これを本邦主要港定期船月間  
入港隻数(図2-1・1)を対比すると、定期船による雑貨輸出港の本港

の性格がよくわかる。

図 2 - 1 . 1

本邦主要港定期船月間入港隻数



(2) 本港に寄港する航路名および配船状況

本港に寄港する航路名および配船状況を、邦船、外国船の別に示せばつぎのとおりで、ニューヨーク航路が24隻/月で一番多く、ついで欧州の20.5隻/月で最も輻輳しており、かつ国際競争が激しく、ことに欧州航路のごときは、邦船月間配船3.5回に比し、外船17回と圧倒的に外船が多い。

表2-1・5

神戸港入港船舶航路別頻度表

単位 隻/月

航 路 名		邦 船	外 国 船	計
世 界 一 周	東 航	2	1	3
	西 航	1	3	4
	小 計	3	4	7
欧 洲	東 航	1.5	17	18.5
	西 航	2	0	2
	小 計	3.5	17	20.5
ニ ュ ー ヨ ー ク		10	14	24
米 国 太 平 洋 岸		1	9	10
メ キ シ コ 湾		0	6	6
北 米 西 岸		1.5	5	6.5
南 米		3	2	5
中 南 米		2	0	2
ア フ リ カ		3	2	5
ボンベイカラチ、ペルシヤ湾		2	5	7
印 度 、 パ キ ス タ ン		2.3	0	2.3
ラングーン、カルカッタ		3	6.2	9.2
濠 州		3.9	4	7.9
ニ ュ ー ジ ー ラ ンド		0.5	0	0.5

インドネシア	2	7	9
ボルネオ	0	0.5	0.5
中近東	1	0	1.0
バンコック	6.4	5	11.4
フィリピン	1	0	1.0
香港	1	0	1
台湾	5	3	8
中共	3	0	3
仏印	0	1	1
朝鮮	6	9	15
沖縄	15	1	16
計	79.1	100.7	179.8

## 2) 神戸港の性格（輸出船・輸入船）

神戸港に寄港する船舶を、本港を始末端港とするもの。一旦寄港して帰りにまた寄港するもの、寄港して再びもどらないものとの分類するとつぎのごとくになって、本港を始末端港とするものは15%に過ぎず、復路寄港するものが81%と大半を占めている。このことは本港の船舶の荷役状態を輸出船・輸入船と区別し、原則として積みは積み、揚げは揚げと分ける原因となっていることを示す。例えば欧州航路（西廻り）では、欧州から来た船は神戸では降すだけで、積みは横浜から引き返してきたときに行ない、またニューヨーク航路ではマニラまで行くものがあるが、その際も神戸で降すだけで、マニラ行きの貨物は積まない。（マニラ行きの貨物は、フィリピン航路を利用）。復路マニラからの寄港時には、マニラ積み、神戸揚げの貨物はなく、米国向け神戸積みの貨物があるだけである。

これは、船に荷物がのると荷主から代金請求が買主にくるので、資金繰りもしくは金利の面から買主が復路に乗せたがること、輸出貨物がL.C.の

関係で復路寄港時ぎりぎりでないと製造が間に合わないこと，また早く乗せるとそれだけ荷痛みがすることなどの理由から，このように輸送形式がとられるのであると思われる。

世界一周航路のように通過して再びもどらないものは，積み揚げ同時に行なうように思えるが，本港では邦船で行なっているところはなく，外国船でも A.P.L. にその例がわずかみられるだけである。

表 2-1・6

始末端港とするもの	寄港して再びもどらないもの	一旦寄港後復路寄港	計
26.5 隻/月	7 隻/月	146.3 隻/月	179.8 隻/月
15 %	4 %	81 %	100 %

### 3) 月末集中と管理貿易

#### (1) 現 状

戦後外国貿易が再開され，近年ますます隆盛になるにともない，港湾における月末集中という現象が起こり，ただ貿易事務上の問題だけでなく，港湾運営の面にも，深刻な影響を与えるに至った。

後述する 5 の 6) の図表に見るごとく，毎月 25 日頃より翌月 5 日頃にかけての在港隻数の増加は，必然的にバース待ちあるいは沖荷役を余儀なくさせ，貿易における港湾諸掛りが無視できないものとなってきた。

その立場によつて月末集中の原因を，ある者は通商手続き・通関手続きの弊とし，ある者は港湾管理者の運営の拙劣の故と判断するが，その本質がどこにあるのか，以下いくつかの要因について検討してみたい。

月末集中を起こさせるに至つた原因のうち，現在の諸手続きの繁雑と重複——通商手続き・税関手続き，出入港に関する港湾管理者・港長・出

入国管理事務所・動植物検疫所などへの報告など——は、その原因の従属的な側面に過ぎない。それらの繁雑さや重複が月末集中を誘起し、促進させたことは確かであるが、その原因の主要な側面は、日本経済の本質にあるといわなければならない。

戦後国外の主要な原料市場と資本投下市場を失ったわが国は、国際的には円価の信用<sup>を</sup>失、国内的には自己資本率の低下によつて、金融資本の支配するところとなり、経済基盤の浅さを露呈するに至つた。

このような日本経済を建て直す支柱ともなるべき輸出貿易にしても、大勢は中小企業からなる繊維・木製品などの軽工業が中心であり、金融的には最も深刻にそのしわよせを被むる業種である。したがつて現在に至るも、信用状の開設なしには現品の生産も始められないし、また融資も受けられない。

金融界における毎日決済という前近代的な決済方式のために、これら中小企業者ができる限り月末に近く融資を受けて製造を行ない、製品の在庫期間を短くし、資本の回転を早くしようとするのは当然のことであり、月末集中もまた当然起こるべくして起こつたものなのである。したがつて、港湾における月末集中という問題は、日本経済の体質そのものから生じた現象面における病状にほかならないと見るべきであろう。

この日本経済の体質が改善されない限り、月末集中は本質的に解消されないであろう。

さきに述べた諸官公庁への手続きの問題も、重要な原因には違いない。現品が来なければE/L (Export License) が下らないという現状の管理貿易制度や税関検査の時間制度と前述の手続きの重複などは、月末集中にさらに拍車をかけている。

この管理貿易制度にしても、本質的には日本経済の国際市場における相対的な力関係によるものであり、蓄積円の問題や円貨の高揚など、制度緩和のための前提条件は山積している。

さらに月末集中の要因を探るならば輸出品の性格にもよめられる。繊維・木製品などの軽工業製品は買手市場であり、今後売手市場に転ずることはほとんど予想されない。したがって現状のごとき注文生産に類した生産方式は、今後とも続くであろうし、月末駆け込みなどの現象もなくならないものと思われる。海運界の不況がこれに加担することもある。荷が集らなければ、月末に片寄って配船し、船が月半ばになれば、資金の廻転のために船積みの確実な時期に合わせて生産する。これは深刻な悪循環である。

横浜港に比べて神戸港の月末集中の度がひどいということに関連して、貿易業者の気質の相違と取り扱い品目の相違にあるとする見方もある。横浜が機械工業品を中心とし、気質も淡泊であるのに対して、神戸では雜貨を中心とし、関西商人特有の粘りをもつて商いをするという——この見方は、ある程度月末集中の一面をうがっているといえよう。

## (2) 解決への方向

以上月末集中について、そのよつてきた要因をいくつかの方向から分析した。今後の問題として、月末集中は解決され得るものなのかどうか——それはいくつかの要因の個々の解決につながっている。結論的にいえば、日本経済の体質が改善されない限り、月末集中も本質的には解消されないであろう。

ただ、管理貿易制度・税関検査制度・出入港申告制度など諸制度の上にも改善されるべき点があり、これらの解決によつて月末集中はある程度緩



和されるであろうことは予想される。特に、貿易自由化はなんらかの影響を与えるものと思う。今後この観点に立つて摩耶埠頭の計画を推し進めて行くこととしたい。

#### 4) 出入港時間と滞船時間

##### (1) 出入港時間

昭和30年と31年について、航路別に入港時刻・出港時刻の統計をとれば、図2-1・2に示されるようになる。

1時間における入港隻数の最大は朝7時～10時の間に生じるが、出港時刻は区区であり、昼頃から夕刻にかけて多い。その平均は表2-1・7のとおりである。

表2-1・7

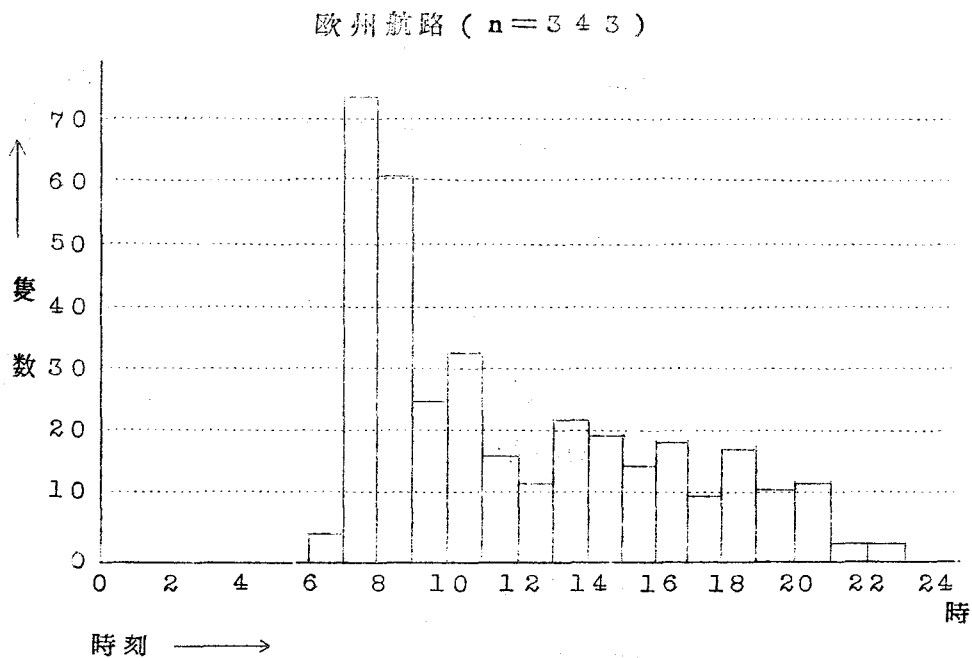
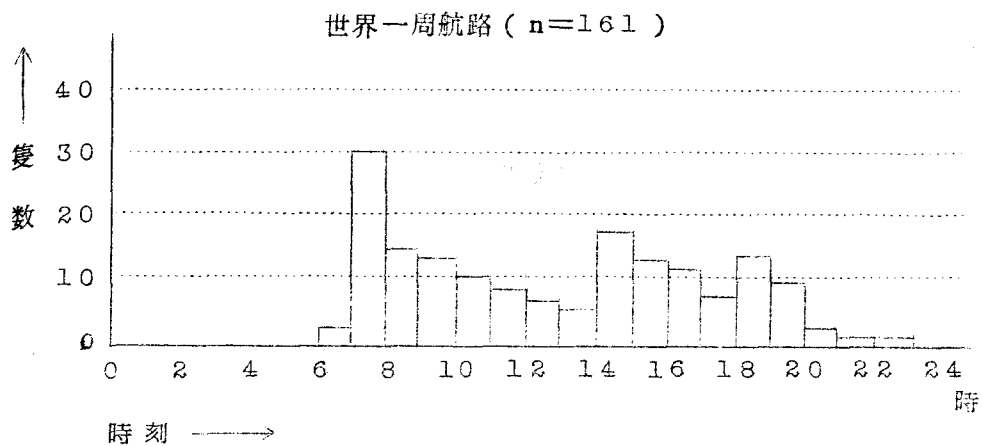
航 路 別	平均入港時刻			平均出港時刻		
	30	31	平均	30	31	平均
世界一周	12.11	12.46	12.30	14.40	14.00	14.20
欧州航路	11.09	11.44	11.28	13.47	13.47	13.47
紐育航路	12.20	12.07	12.13	14.20	14.30	14.25
平均	11.53	12.05	12.00	14.05	14.09	14.07

以上のように平均入港時刻は12時、平均出港時刻は14時となり、最多時刻と必ずしも一致しない。

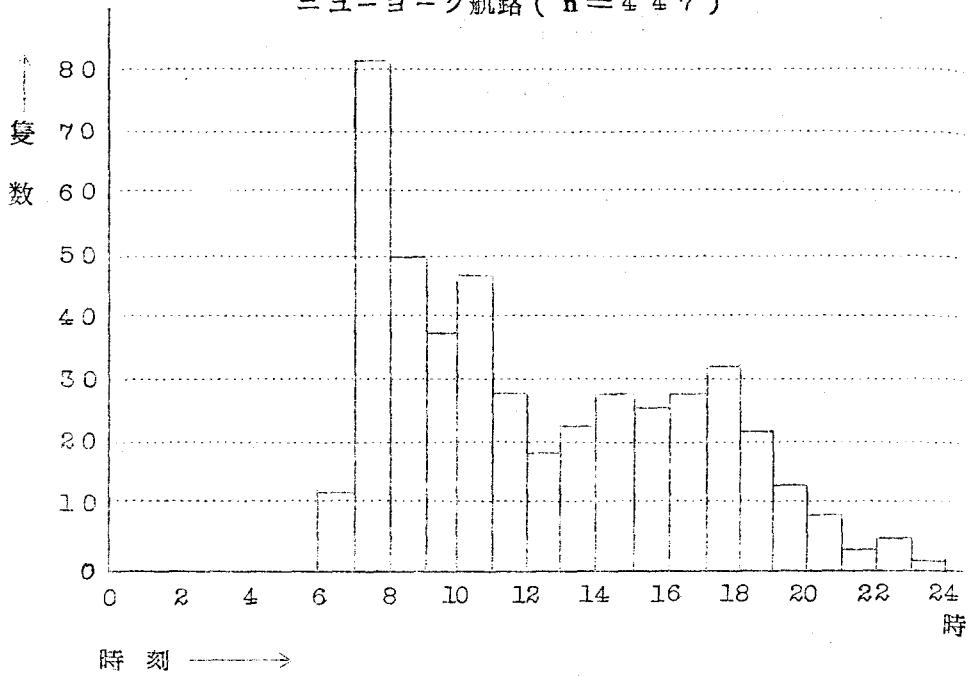
同一日に同一バースにある船が出航後、直ぐ後へ他の船が入ることは当然あり得るが、そういう例は少ないと考えられる。それは平均出港時間が昼過ぎであり、平均入港時間がそれ以前の正午前後であることから、同一バースに入れ替わることは困難だからである。

したがって14時から翌日の12時に到る22時間が岸壁空船時間である  
と考えることができよう。

図2-1・2 (イ) 入港時刻分布(昭和31年) nは隻数

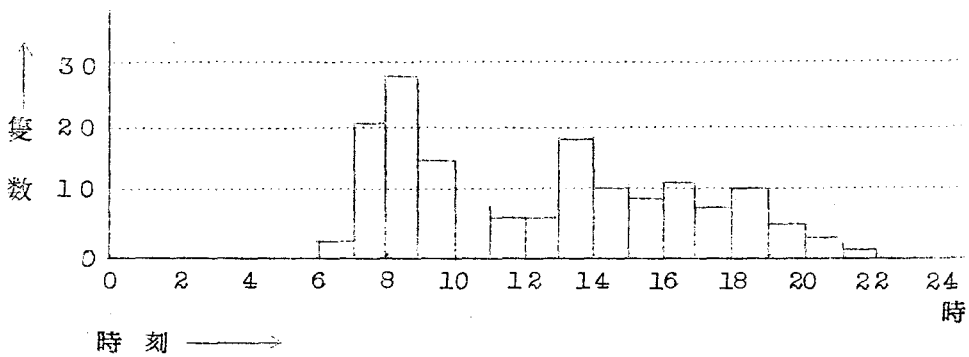


ニューヨーク航路 ( n = 447 )

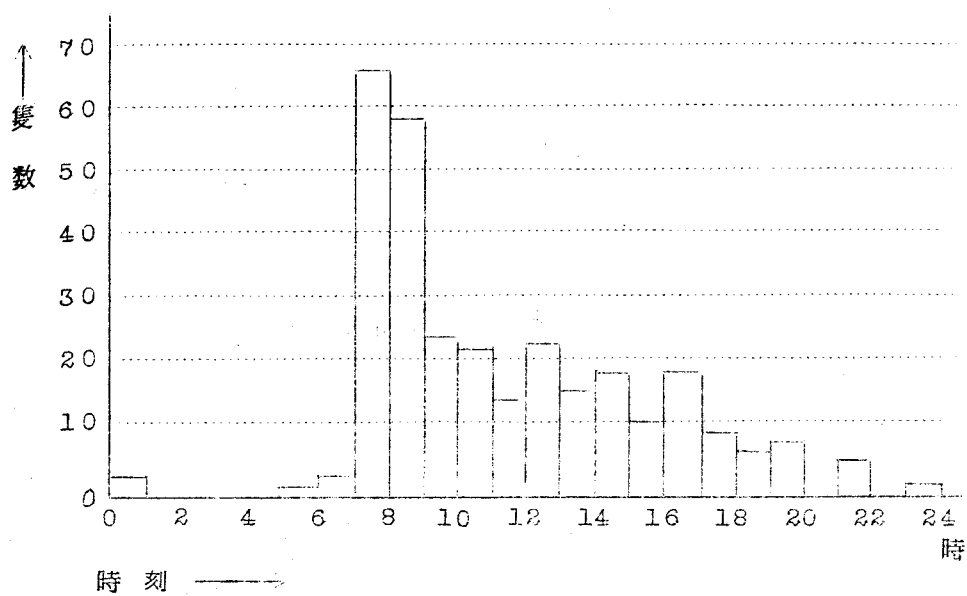


(昭和30年)

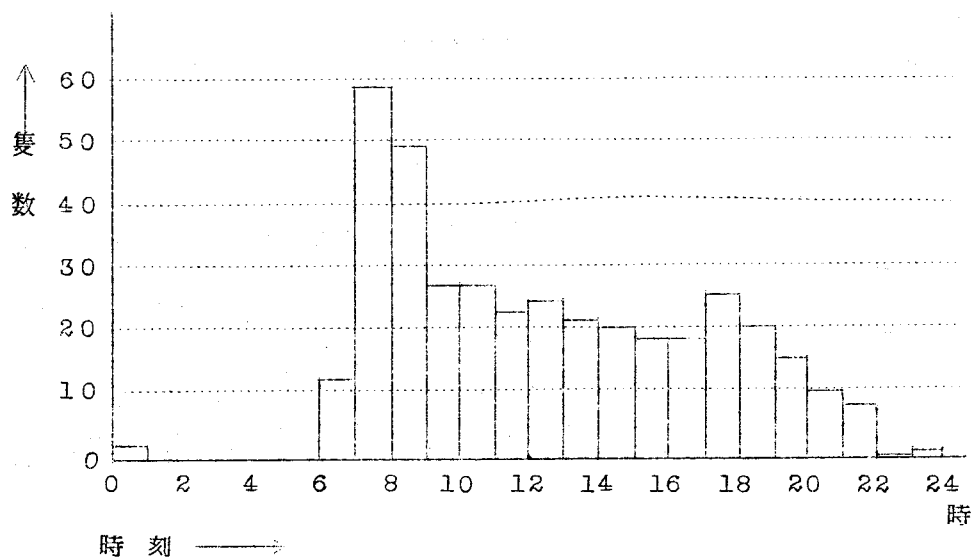
世界一周航路 ( n = 146 )



欧州航路 ( n = 278 )

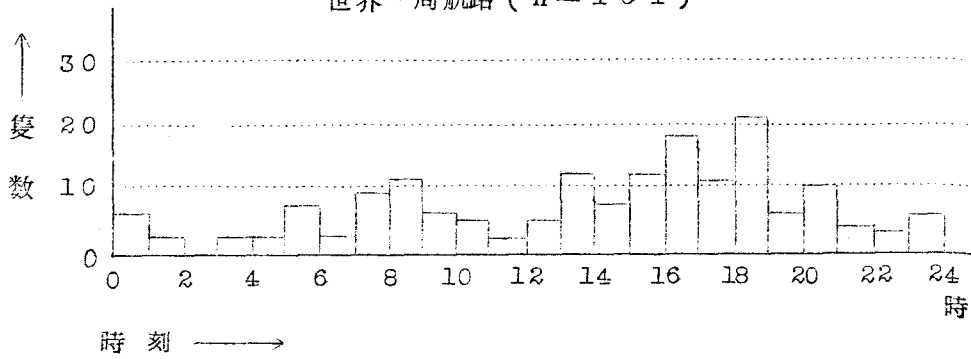


ニューヨーク航路 ( n = 364 )

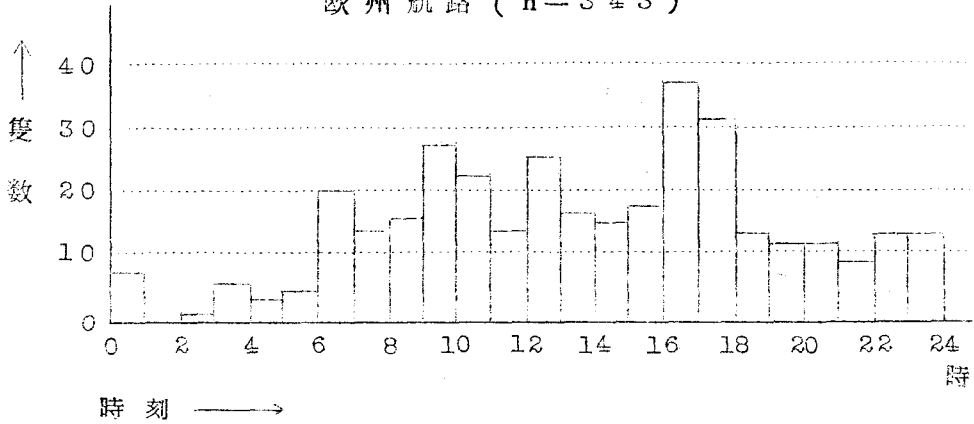


(口) 出港時刻分布 (昭和31年)

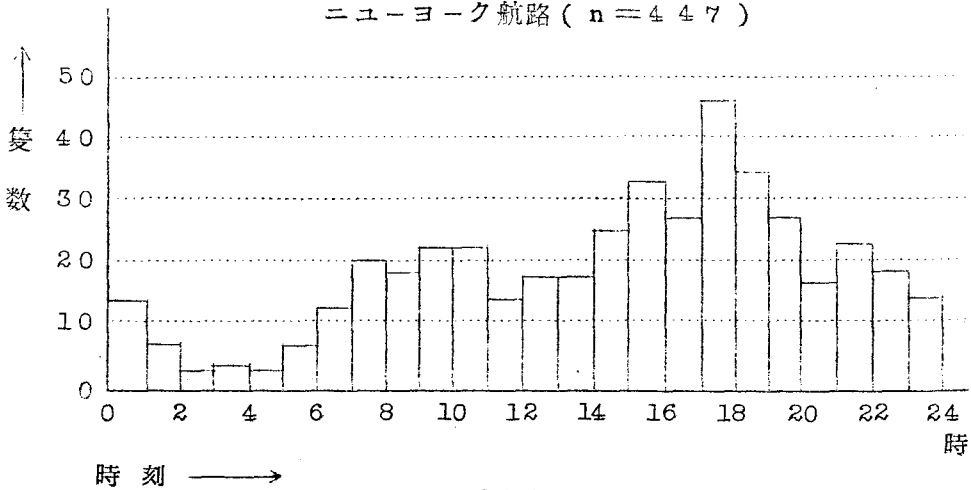
世界一周航路 (n=161)



欧州航路 (n=343)

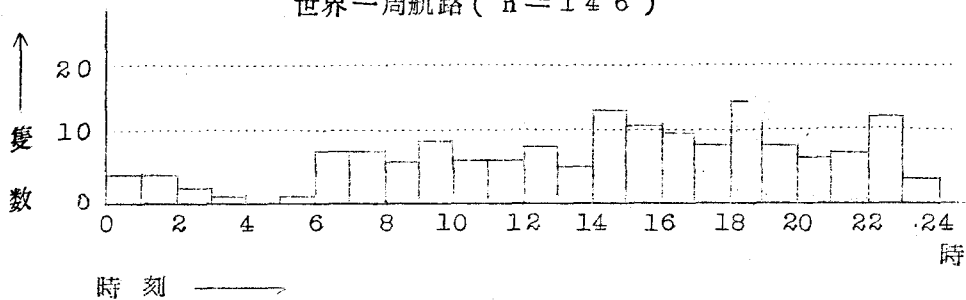


ニューヨーク航路 (n=447)

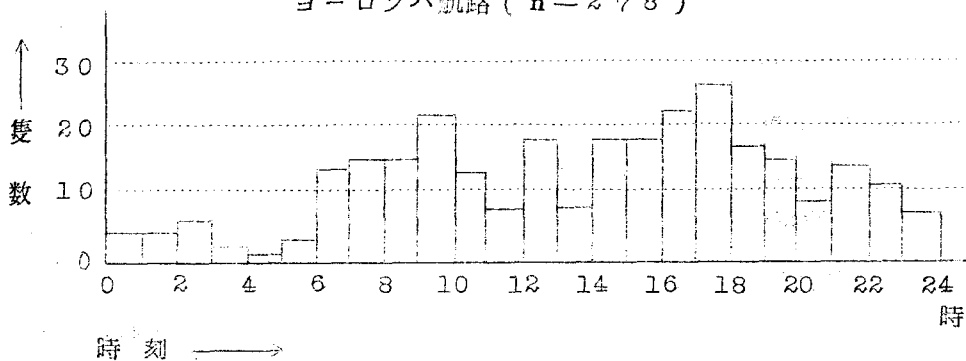


(昭和30年)

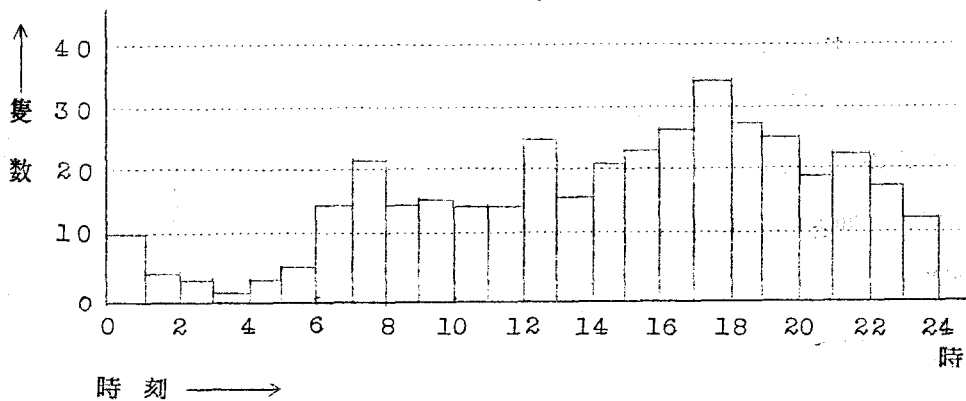
世界一周航路 (n=146)



ヨーロッパ航路 (n=278)



ニューヨーク航路 (n=364)



(2) 航路別平均けい船時間

昭和30年・31年の実績は表2-1・8のとおりである。

表2-1・8

(時間)

航路 群	地区別 年次	新 突	港 尾	兵 突	庫 尾	中 突	堤	浮 標	錨 区	三 高	井 浜	造船所 を 除 く 計
世界一周	30	44.9	-	-	-	-	-	40.5	-	56.2	-	49.1
	31	42.1	51.0	-	-	-	-	47.8	26.0	56.5	-	47.5
欧 州	30	45.9	59.3	-	-	-	-	46.0	-	47.5	-	46.6
	31	50.7	64.3	-	-	-	-	44.0	-	55.7	-	51.0
ニューヨーク	30	36.6	63.2	82.0	-	-	-	41.7	-	36.0	-	38.7
	31	41.5	50.3	-	-	-	-	44.0	31.2	33.7	-	40.9
定期小計	30	42.8	45.2	23.7	-	-	-	42.1	-	51.4	-	42.4
	31	45.3	48.5	11.9	-	-	-	45.3	52.3	48.5	-	42.8

このけい船時間中、荷役時間がどのくらいの割合を占めるかについては、まだ正確な資料は得られていないが、船会社の荷役担当者によれば、2000トンの荷ならば2夜3日を要するということである。すなわち、

オ1日 5～6時間

オ2日 12～20時間

オ3日 8時間

計 25～30時間

したがって、けい船時間中の実荷役時間は50～60%である。

5) 荷役時間と荷役能力

港湾施設の近代化、すなわち港湾荷役能率の向上が、国民経済ないしその国の産業発展に多大の影響を与えることは、各国の海運競争の歴史からも明らかである。港湾荷役能率の悪いところでは、海上運賃が割高となり、他港

に荷が逃げるといふ港湾自体のためにも好ましくない状況を起こさせる。

この荷役能率は、船舶の碇泊時間にも影響を与える。碇泊時間が長くなることは、船舶のクイックデイスパッチを阻害し、デマレージの支払など、輸送コストの増大に大きな影響を与える。碇泊時間は、以上港湾荷役能率に影響される他に、けい船・出航作業・ハッチの蓋の開閉・荷のしばりつけ・荷渡し事務・税関手続・給水・給油・食糧の搬入・輸出免状の交付などに要する時間に影響する。

日本船舶の場合、ホームポートとして、かなりの碇泊時間が予想されるが、ライナーの場合、船員のこれら要求は、船員自身の自覚からあまり強いものとされていないようである。

しかしながら、朝入つて晩に出るといつたような例は、A.P.L. の世界一周航路において時々見受けられるだけで、最低一泊するのが通例である。したがつて荷役時間だけで、船舶の速発を考えることは、積載量の極端に小さい場合以外不可能なことであるといえよう。

荷役時間に大きな影響を与えるものは、上述のことを除いては船内荷役能率であるが、これほどマチマチなものはない。揚げ荷と積み荷・荷の種類・荷姿の種類・ギヤング組成要員の質・上層の積み付けと下層の積み付け・ハッチの種類により異なる。神戸港におけるギヤングの能力は、ほぼ表2-2・9のごとく想定される。すなわち、平均して袋物で15人1時間20トン～30トンといつたところである。

表2-1・9 1ギヤングの能率（神戸港）

	雑 貨	生 糸	袋 物	パルプ	硝 子	木 材	綿 花
人夫数 (人)	15	20	15	15	15	13	15
1時間 (トン)	23	23	30	23	18	25	20



昼間定時1隻当り積荷能力も一概に述べることはかえつて無理であるが、神戸港では1,000トン前後といったところが常識的な標準値であろうと思う。

普通1万トン級の船舶は、6ハッチ備えであるが、神戸港では6ハッチ・4ギヤングが多く見受けられる。前述のA.P.L.のような場合、6ハッチ・9ギヤングを行なうこともある。

### § 3. 港湾施設合理化への方向

#### 1) 基本的な考え方

摩耶埠頭8バースの建設が要請されているが、誰が一体なんのために、これを要請するに至ったか。まずこれを明らかにし、しかる後計画設計を行なうに際しての基本的な考え方を具体的に明らかにしておきたい。

およそ港湾施設の建設というような巨額の投資を行ない、それによつて企業における利益というようなものでなく、一般公共の福祉増進というあいまいな言葉で表現される便益を期待する事業を「公共事業」と称しているが、摩耶埠頭建設の場合も、この範ちゆうに入る。

港湾施設の建設を行なう場合の代表的な四つの場合はすでに才1編才1章に詳述した。すなわち、(1)港湾管理者の見地、(2)府県または市町村というような特定地域内の住民の見地、(3)一国のすべての国民の見地、(4)港湾利用者にもつとも深く関連して。と列挙した場合、(3)を除く他の立場のみでないことは、今回建設計画の直接動機となつた昭和33年6月6日の閣議了解事項の文面より具体的に明らかである。すなわち、「港湾経費の節約により輸出振興を促進し、日本経済の成長に寄与するため、近代化された輸出専門埠頭を緊急に増設することになつた」のは、5年後における望ましい日本経済の

姿をえがき、それに到達するために果さねばならぬ政府・企業・国民の努力目標、すなわち新長期経済計画達成のための前提条件として、国が思考したに外ならない。

しかしながら、財源は国費であるとしても、その根源は租税収入である。したがって明らかにされた立場・目的を完成せしめるべく、その建設への努力がなされても、国民経済全体の見地から、その合理性は可能の極限まで追求されてゆかねばならない。わずかな投資を惜しんで、全体としての目的の達成が得られないようなこと、またいたづらな投資によつて、それほどの便益が得られないようなことは、いずれもその計画設計に当つて避くべきことである。そのため一定の規準を策定し、常にその尺度で判定をなし、適正な方法を抽出して行く態度が必要である。そのためには、まず摩耶埠頭の建設を必要とするに至つた神戸港の現状をありのままに把握することが必要であり、上述したような立場において与えられた目的を達成するための方法・すなわち摩耶埠頭建設による施設の合理化への方向を採し求めることが必要である。

## 2) 合理的な貨物の流れ

「港湾経費の節約」という一つの目的は、輸出振興を促進し、日本経済の成長に寄与して行くであろうことは、疑いを挟む余地がないように思われる。しかしながら、施設の合理化だけでそれは得られない。すなわち、その施設が「計画されたように」適正に利用されることが、その大きな前提条件である。

このための施設の計画設計は、一応の仮定をもつて推論を進めて行くのであるが、これらの施設が正しく利用されて行くため、これらの前提条件について港湾技術者は正しく主張しておく必要がある。

貨物の運行形態の不合理性およびその問題点はすでに指摘したのであるがいま§ 1.の3)で述べた神戸港における代表的輸出貨物である繊維製品(メリヤス・シャツ)について、それらの製品が工場を発し、船積みに至るまでの経路をもう一度振り返つて眺めてみよう。

繊維製品(メリヤス・シャツ)の出荷について、現在神戸港で扱われているメリヤス・シャツ類は泉州方面あるいは四国(愛媛)方面の製造業者より送られて来るものが比較的多い。愛媛からの場合は、海上輸送されて神戸地区の営業倉庫へ入るケースが大部分である。海送貨物運賃は900円/トンであるが、現在はこれよりいくらか下つていられると思われる。メリヤス・シャツはカートンケースで大体8才くらいのもので5ヶが1トンである。少量のものは倉庫よりトラックで船積みすることもあるが、20トン~30トン以上まとまつた場合は艀輸送となる。この場合は、図2-1.3の1もしくは2の経費にて船積みされている。その詳細は表2-1.10に示されている。原価については製品がまちまちなので、一がいにいえない。メリヤス・シャツの長袖のもので1ペール(10打入)120ポンド、1ペールは5才~6才くらいのものである(40才=1トン=8ペール)。1ペールの原価は、23,000円くらい(アフリカ向けの1枚200円くらいのものである。図2-1.3の比較は四国今治港より神戸港へ海送された場合と( )書で記したように大阪市内よりトラック輸送の場合と、両方を比較した。

この図で明らかなように、神戸港における港湾運送形式1~5までは現行の輸送形態で、形式5がもつとも安い。しかしながらこのような経路を経ることは、ほとんどまれである。大部分が§ 1で述べたように2の形式を経過する。荷主はしばしば形式3および4を要求され、悩まされる。現行タリフレートによつても、形式2から形式5に移すことは、施設の合理化の面から

表 2-1・10

輸 出

ポリマス・シャツ (繊維製品)

上屋より解取り沖荷役の場合 (乙仲扱い)

昭 33. 7. 1 現在

科 目	料 金	計 算 の 基 礎
倉 入 費	145 <sup>円</sup> 00	沿岸荷役料 オ7類
倉出解積込費	14500	全 上
倉入出夜荷役割増	4350	倉入 $145円00 \times 50\% \times 20\% = 1450$ 倉出 $145円00 \times 50\% \times 40\% = 2900$
検量作業費	6380	$145円00 \times 110\% (\text{配替 } 80\% + \text{看貫 } 30\%) \times 40\%$
同上夜荷役割増	638	$6380 \times 50\% \times 20\%$
解回漕料	25000	解回漕料 オ4類
同上夜荷役割増	7125	沿岸 $250円00 \times 30\% \times 40\% = 3000$ 本船 $250円00 \times 30\% \times 55\% = 4125$
解2ヶ所以上作業割増 (本船を含む)	2500	$250円00 \times 20\% \times 50\% = 2500$
解空トン分担金	1675	$250円00 \times 67\% (100t \times 80\% - 75t = 5t + 75)$
検数料 (沿岸および本船)	6600	基本料金 $30円00 \times 2 + \text{待機料 } 30円00 \times 2$
同上夜間割増	1896	沿岸 $30円00 \times 50\% \times 40\% = 600$ 本船前半夜 $30円00 \times 50\% \times 236\% = 354$ 本船后半夜 $30円00 \times 100\% \times 31.4\% = 942$
	(851.64)	
店 費	20605	店費13226+責任料(適正利潤)7379 (店費+作業費 $98390 \times \frac{75}{1000}$ )
合 計	105769	
届出料金	105000	
取扱手数料	25000	
荷主への請求額	130000	

(註) 以上のごとく乙仲は荷主に対して1300円を請求できるわけであるが、  
組合暫定価格として1150円以上を基準としている。(図2-1・3の  
1もしくは2参照)

輸 出

( 繊維製品 )

営業倉庫より積出しの場合

科 目	料 金	計 算 の 基 礎
検 量 作 業 費	6960	$17400 \times 100\% (\text{看買} 30\% + \text{配替} 70\%) \times 40\%$
全 上 夜 荷 役 割 増	696	$6960 \times 50\% \times 20\%$
解 回 漕 料	25000	解回漕料 才4類
全 上 夜 荷 役 割 増	7125	沿岸 $25000 \times 30\% \times 40\% = 3000$ 本船 $25000 \times 30\% \times 55\% = 4125$
解 2ヶ所以上作業割増 (本船を含む)	2500	$25000 \times 20\% \times 50\%$
解空トン分担金	3575	$25000 \times 14.3\% (100t \times 80\% - 70t = 10t \div 70)$
検数料(沿岸と本船)	6600	基本料 $3000 \times 2 + \text{待機料} 350 \times 2$
全 上 夜 間 割 増	1896	沿岸 $3000 \times 50\% \times 40\% = 600$ 本船前半夜 $3000 \times 50\% \times 23.6\% = 354$ 本船后半夜 $3000 \times 100\% \times 31.4\% = 942$
	(54352)	
店 費	18294	店費 $13226 + \text{責任料(適正利潤)} 5068$ (店費+作業費 $675.78 \times \frac{75}{100}$ )
合 計	72646	
届 出 料 金	72000	
取 扱 手 数 料	25000	
荷主への請求額	97000	

〔註〕 以上のとおりであるが、組合の暫定価格としては、90000円以上ということになっている。(図2-1・3の3参照)

貨物突堤船積料金(上屋受輸出貨物岸壁直積)原価計算書(1トン当り)

項目 品目	上屋搬入	上屋搬出	上屋搬出 夜間割増	受検数	渡検数	渡検数 夜間割増	人夫待機料
生 糸	200	200	—	30	30	—	2581
一般雑貨	151(1)	151(1)	5685(2)	30	30	1130(2)	2581(3)
項目 品目	貨物警備料	小 計	事務費小 計×10%	合 計	届出料金	旧 料 金	値 上 率
生 糸	6294	54875	5488	60363	600	510	1765%
一般雑貨	3026(4)	48622	4862	53484	530	450	1778

( ) 内数字は註の説明番号

註(1) 一般雑貨基本料金算出方式

品 目		類 別	金 額	品 目		類 別	金 額
1	空 瓶	3	105円	11	綿 系 , 綿 織 物 絹 糸 お よ び 同 織 物	7	145
2	寒 天 , 除 虫 菊	5	125	12	陶 磁 器 , ガ ラ ス 製 品	8	160
3	クリスマス・デコレーション イースター物, スケルト, 本地軸木竹類	6	135	13	機 械 , 器 具 類	8	160
4	安 全 弁 寸	6	135	14	染 料 , 塗 料	9	175
5	青 果 , 野 菜	6	135	15	地 金 類	9	175
6	雑 貨	6	135	16	鋼材, 針金, 釘, 金物製品	9	175
7	自 転 車	6	135	17	特 殊 鋼 板	10	185
8	ゴムおよびゴム製品	6	135	18	板 ガ ラ ス	10	185
9	罐詰, 雑食料品, 製茶	7	145	19	紙 類	10	185
10	製 材 , ベ ニ ャ 板	7	145				
			19品目	総 計 金 額		2,875円	
			1品目	1トン当り平均金額		151円	

註(2) 夜荷役割増算出方式

$$\text{前半夜 } 55.99\% \times 50\% (\text{割増率}) = 27.995\%$$

$$\text{後半夜 } 44.01\% \times 100\% (\text{割増率}) = 44.010\%$$

$$\underline{72.005\%}$$

$$52.29\% (\text{夜間取扱割増基礎資料参照}) \times 72.0\% = 37.65\%$$

$$151 \text{ 円} \times 37.65\% \div 100 = 56.85 \text{ 円}$$

$$30 \text{ 円} \times 37.65\% \div 100 = 11.30 \text{ 円}$$

註(3) 人夫待機料算出方式

$$1 \text{ 日平均取扱トン数 } 68.96 \text{ トン}$$

$$68.96 \text{ トン} \left\{ \begin{array}{l} \text{昼間取扱 } 47.71\% = 32.9 \text{ トン} \\ \text{夜間取扱 } 52.29\% = 36.06 \text{ トン} \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \text{前半夜 } 55.99\% = 20.19 \text{ トン} \\ \text{後半夜 } 44.01\% = 15.87 \text{ トン} \end{array} \right.$$

$$\text{稼動時間 昼間 } 8 \text{ 時間 } 32.9 \text{ トン}$$

$$\text{夜間 前半夜 } 5 \text{ 時間 } 20.19 \text{ トン}$$

$$\text{後半夜 } 5 \text{ 時間 } 15.87 \text{ トン}$$

$$\text{取扱能率 昼間 } 1 \text{ 時間 } 15 \text{ トン}$$

$$\text{夜間 } 1 \text{ 時間 } 12 \text{ トン (昼の } 80\%)$$

$$\text{前半夜実稼動時間 } 20.19 \text{ トン} \div 12 \text{ トン} = 1.68 \text{ 時間}$$

$$\text{後半夜 } 15.87 \text{ トン} \div 12 \text{ トン} = 1.32 \text{ 時間}$$

$$\text{待機時間前半夜 } 5 \text{ 時間} - 1.68 \text{ 時間} = 3.32 \text{ 時間}$$

$$\text{後半夜 } 5 \text{ 時間} - 1.32 \text{ 時間} = 3.68 \text{ 時間}$$

$$1 \text{ 口人員 } 5 \text{ 人}$$

$$5 \text{ 人} \times \{90 \text{ 円} (1 \text{ 人 } 1 \text{ 時間待機料}) \times 1.5\} \times 3.32 \text{ 時間} = 2,241 \text{ 円}$$

$$5 \text{ 人} \times \{90 \text{ 円} (1 \text{ 人 } 1 \text{ 時間待機料}) \times 2\} \times 3.68 \text{ 時間} = 3,312 \text{ 円}$$

$$\underline{5,553 \text{ 円}}$$

### 1 日平均取扱高

$$68.96 \text{ トン} (1 \text{ 隻当平均取扱高}) \times 6.24 \text{ 隻} (1 \text{ 日平均取扱隻数}) = 430.3 \text{ トン}$$

$$1 \text{ 日稼働口数} 2 \times 5,553 \text{ 円} \times 2 \times + 430.3 \text{ トン} = 25.81 \text{ 円}$$

### 註(4) 貨物警備料算出方式

平均警備日数による

才1日目 1人1昼夜 3,330 円

才2日目 1人1日 1,010 円

---

4,340 円

生糸は1船1人警備に当る

$$4,340 \text{ 円} + 68.96 \text{ トン} = 62.94 \text{ 円}$$

雑貨は1日平均取扱隻数6.24隻に対し3人警備に当る。

$$4,340 \text{ 円} \times 3 + (68.96 \text{ トン} \times 6.24 \text{ 隻}) = 30.26 \text{ 円}$$

---

は可能である。その便益は、一般繊維の場合620円と算せられる。摩耶埠頭の建設は、名神国道・才二阪神国道との直結が考えられ、この高速度道路との連絡は東からの貨物に対して、形式6のような貨物の運行を可能にする。すなわち、工場よりセミトレーラにて高速度にて港頭まで搬入し、上屋にトレーラーのみ存置しておいて通関手続きをすまし、着船と同時に舷側までトラクターはトレーラーを誘導し、経岸荷役を行なわしめるのである。20トン程度の単位で輸送貨物が同一仕向港に輸出される限り、このような仮定は成立し、この間の上屋における倉入れ・倉出しに付随する荷役は節約される。このような形式による費用は、陸上輸送費の節約を含めて大阪神戸間2の形式と比較して1,086円と算定されるが、節約率は約50%である。一般商品の国際貿易競争における価格差は、1ドル2ドルという僅少の差であることを思えば、港湾におけるこのような港湾諸掛りの節



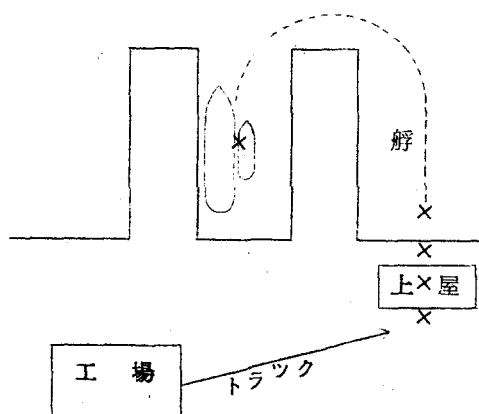
約は、一般輸出雑貨の場合、きわめて重要な問題であることがわかる。

図 2 - 1・3

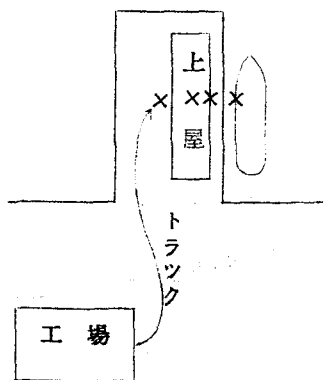
神戸港における港湾運送

型式	工場	背後輸送(A)	上屋	横持輸送	解
1		(大阪市内より上屋扉口まで) 今治港より神戸港揚上屋扉口まで		トラック	
2		全 上		フォークまたは手車	
3		全 上 営業 倉庫		トラック(横持) 経岸荷役	
4		全 上		トラック(横持) 経岸荷役	
5		全 上		フォークまたは手車	
6		大阪市内工場より扉口まで セミ・トレーラー		セミ・トレーラー	

(イ) 運送形式の2



(ロ) 運送形式の5

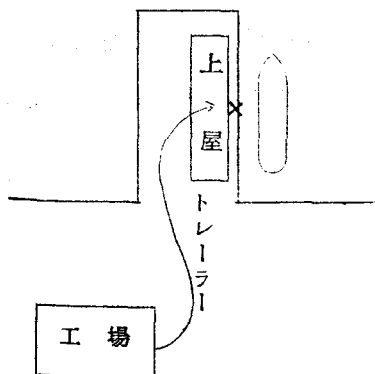


(註) ×印は貨物の荷卸・荷さばきの行なわれる個所

形態（輸出……繊維製品）  
メリヤージュ

解回漕本船	本船	輸送費（トン当り）					計
		原価	(A)	乙仲	横持	貨物突堤 船積料金	
解回漕本船側	→	1ペール(880) (23,000)900円		+1,150円	+200円		(2,230)円 2,250
解回漕本船側	→	1ペール(880) (23,000)900円		+1,150円			(2,030)円 2,050
(上屋を通る)	→	1ペール(880) (23,000)900円		+900円	+200円	+530円	(2,510)円 2,530
(フォークまたは手車) (突堤上屋に 入らず)	→	1ペール(880) (23,000)900円		+1,150円	+200円	+350円	(2,580)円 2,600
	→	1ペール(880) (23,000)900円		+		530円	(1,410)円 1,430
	→	1ペール(650) (23,000)				(344)	(944)

(ハ) 運送形式の6



〔註〕 1 海上運賃の認可料金は1,370円であるが、  
今治より神戸まで900円くらいとなっている  
実状は競争（機帆船など小型船）のためさらに  
相当の値下りをきたしているようである。

2 今治港より神戸港までの海上運賃（積込、積  
卸を含む）は製造業者所在地より港頭までの運  
賃は除外した。自動車運賃は距離と道路制限、  
フェリーボートの関係で比較にならない。上段  
（ ）書きは大阪市内よりのトラック輸送費で  
ある。

### 3) 航路別バース割り当て

港湾内の諸荷役について、本質的には経岸荷役が解荷役よりも安いことは誰にも認められており、その実際例については図2-103に示した。そのことはタリフにも明らかにされている。そのためには、横持ちを最小にすること、すなわち本船の付留されるバースもしくは埠頭上の上屋に貨物が工場より搬入されること。そしてその上屋内の貨物が必ずそこについて本船に船積みされることである。このようなことが確実に期待されるためには、船会社が自船の着く埠頭を持ち、ターミナルオペレーターの機能を有することも一つの方法であり、もしくは特定のターミナルオペレーターが、その上屋内の貨物の仕向ける港に行く船をよぶことが可能な場合である。このようなことは、アメリカなどでは見受けられるが、水際線の少ないわが国の主要港湾で個々のオペレーターが、多額の投資を行なつてこのようなことを行なうことは、いろいろの点から不可能と思われる。したがつて、経岸荷役の行なわれるべき貨物が本船の着岸のあらかじめ予定されているバースもしくは埠頭の上屋に搬入されていること、しかも特定の商社の貨物もしくは特定の船会社の船に積まれることを対象とすることだけでないこと、すなわち公共埠頭としての要件もみたされていなければならない。上述の二条件をみたすためには、埠頭の各バースを各航路別に決めてしまうことが必要である。この場合、バースを隣接せしめ、埠頭を航路別に割り当てることも必要となつてくる。このようなことは、埠頭の公共性を全体的に保持しつつ、最も効率的に経岸荷役を可能ならしめる最善の必要条件であると考えられる。

### 4) 費用軽減のための施設の近代化

バースおよび埠頭が航路別に割り当てられた後は、その航路の貿易慣習、すなわち貨物の種類と量・荷姿・ロットの単位・取り扱い上の特性・搬出・

搬入の種類に応じて、最も合理的な施設の種類と規模、そして配置が定められなければならない。2) で述べたようなトレーラーによる荷役の合理化が将来において可能ならば、上屋内にトレーラーが搬入できるような階高・柱間隔・入口の高さおよび上屋の面積がきめられなければならないし、貨物自動車による搬入が主体を占めるならば、道路と自動車の通路は優先して考慮されなければならない。施設の近代化は、必要にしてかつ十分な機能を保持するよう指向されねばならない。不必要な施設への投資は、必要な施設への重点的な投資へと振り替えられねばならない。

#### § 4. 輸出埠頭における航路別バースの割り当て

##### 1) 航路選定の条件

摩耶埠頭の最初に建設される 8 バースを最も有効に使用するためには、選定さるべき航路の優先順位をきめなければならない。その選定さるべき条件としては、まず当該航路が国家的見地からみて重要であること、また本埠頭が雑貨輸出を主たる対象とする関係上、雑貨の取り扱い量の多いことが条件としてあげられる。

§ 2 の表 2-104 で述べたように、ニューヨーク航路とヨーロッパ航路は最も輻輳しており、かつ国際競争が激しく、ことに欧州航路ではわが国の海運が著しく立遅れており、同航路向輸出力増強を図ることが、後述の中近東航路に対する配慮と同様、国家的に見て極めて重要である。また雑貨取り扱いの面からも、ニューヨーク航路ならびにヨーロッパ航路はわが国雑貨の二大貿易市場であるので、この 2 航路に優先的にバース割り当てすることは十分根拠のあることである。

またバースの効率的使用をはかるため、航路別バース割り当ての目的に副

うよう同じ性格の航路を組み合わせ使用することが必要であり、このためニューヨーク航路に世界一周東航を、ヨーロッパ航路に世界一周西航ならびに中近東航路を組み合わせた。なお、それぞれの航路向け貨物が増大したときは、他の専門埠頭に移転することも考えられる。

## 2) 割り当てられた航路の特性

ニューヨーク航路； わが国のアメリカへの輸出品は、魚介類を中心とする食糧、綿製品を中心とする繊維品でなかば近くをしめ、鉄鋼・非鉄金属などの金属製品・合板・陶磁器・光学機器・ミシン・玩具など、多くの品目にわたっている。ニューヨーク航路はこれらの物資のほか、西アフリカ航路・中南米航路などへの積み替え物資も多く取り扱っており、極めて多様性に富んでいる。

つぎにわが国の輸入は、アメリカに対する依存度がきわめて高く、1955年・56年ともに約1/3をしめており、その輸入品構成も食糧・原料・機械など広範囲にわたり、わが国食糧・工業原料の主要供給源をなしている。食糧では小麦・大豆、工業原料では綿花・鉄鋼くずが中心であり、機械は広範囲にわたっている。

ヨーロッパ航路； ヨーロッパ諸国のなかでは、イギリス・ドイツ・フランス・オランダなどが主な貿易相手国であり、商品類別でわが国の輸出においてウエイトの高いのは、原料別製品（税関統計による分類名で、織物・金属製品・木製品とう）が第一で、ついで食糧が大きい、表2-1・11に見られるごとく、56年のヨーロッパに対する輸出増加の中心は食糧と機械であった。原料別製品のうちでは、消費財はわずかに増加し、生産財は減少した。今後はわが国の特産的物資（竹製品・繊維製品）のようなものが伸びるものと思われる。比較的安定した市場であるが、競争の激しい市場でもある。

表2-1.11 わが国のヨーロッパに対する商品別輸出入

(単位百万ドル)

商品別 年別	輸 出		輸 入	
	1955年	1956年	1955年	1956年
食 糧	30.1	53.8	20.4	21.1
飲料・タバコ	—	0.1	0.7	0.8
原 材 料	30.8	29.0	54.7	42.9
鉱物性燃料	—	—	1.4	1.3
動植物性油脂	10.0	11.4	3.9	0.8
化 学 品	7.7	8.8	27.6	74.3
原料別製品	91.3	92.4	16.5	33.5
機 械	19.6	27.6	41.3	46.1
雑 製 品	14.5	19.8	8.3	11.5
総 計	205.8	244.0	174.9	231.7

一方輸入で多いのは薬剤化学製品であり、ついで機械・原材料が大きい。

ヨーロッパ諸国、特に大陸西欧諸国では、域内貿易の依存度がきわめて高く、わが国との貿易の占める比重は小さい。また西ヨーロッパでは56年から57年にかけて、欧州共同市場計画から自由貿易地域計画につらなる貿易の地域化への動きが活潑であり、加盟国が域外の国に対して共通の関税と域内における商品・資本・労働の自由移動によつて、一層生産力をたかめようとしていて、域外諸国からの貿易は今後多くの困難が伴うものと予想されるが、わが国の同地域への貿易は安定しており、かつ輸出振興の根幹をなすものであるから、国際競争に打ちかつために、なお一層の努力が必要と思われる。

世界一周航路； 世界一周航路は東航および西航に分かれ、東航はニューヨーク航路と西航はヨーロッパ航路とそれぞれ寄港地が同じであり、三井船

船では東廻り往航はニューヨーク定期として、西廻り復航はニューヨーク定期の復航として運航している。

中近東航路： 現在世界貿易市場で未開拓のものとして、東南アジア・アフリカ・中近東が残っており、世界景気の横這いないしは下降に伴ない、これら地区に対する各国の市場開拓の競争が激しくなっている。

このうち東南アジアは、政治情勢あるいは外貨事情に受け入れ態勢が整ってなく、欧米からも遠いので、さほど競争が激しくない。またアフリカは旧植民地が多く、これらの国は旧本国との結びつきが強く、日本などの入り込む余地が少ないと専門商社筋では見ている。

中近東諸国は有望であり、特に石油を産する国をめぐって各国とも力を注いでいる。しかし中近東航路は相手国港湾の水深が浅く、かつ季節風などの影響もあつて滞船時間が長いため、大型船の専用航路としては不適當で、現在では日本郵船が月1回配船しているだけであり、あとは欧州航路の船から積み替えを行なっている状態であるが、上述のごとく将来わが国にとって重要な航路になることは疑いなく、現在は繊維製品などの消費財が中心であるが、今後は資本財輸出の増加が期待される。この場合相手港の整備に関してわが国が積極的な関心を持つことも必要と思われる。

## § 5. 計画目標の設定

前節までに、神戸港における港湾活動の分析を行ない、可能な限りの隘路を指摘し、確立された立場のもとに、合理化への方角を示唆した。そして、バースの航路別指定を可能ならしめる埠頭計画への態度が、その主軸をなすものであることを述べた。つぎに、技術者の行動が実践的に意義のあるものとなるために、具体的な行動目標を明確にする必要があるが、その方法は以

下に述べる順序で行なわれる。

## 1) 神戸港における取り扱い貨物の品種別数量の推定

### 2) 入港船舶の態様に対する推測

1) は神戸港の日本全体の外国貿易における地位の再確認から始まる。これは、将来が現状の発展的推移であるという観点から詳細な現状分析および予測の問題となる。オ1編オ4章で述べた港湾技術において最も重要な時系列問題の一つでもあり、その方法論については、すでにミクロ的には東博士が<sup>1)</sup>マクロ的には筆者らが<sup>4)</sup>論じている。施設計画に当つては、その貨物の品種・大いさ・ロットの単位・仕出地および仕向地・後方輸送機関の別・搬送状態などが、単に年間平均とか全体の総量としてでなく、動態的に把握される必要がある。

2) は以上の中、埠頭の規模を決定的に支配する船舶の利用状況に関する推定である。さきに指摘されたように、航路に就航する船舶の動態的な運航量に関する推定においては、1) と関連して、何日間港に滞在し、1 船当たり何トンくらい荷役するかというようなことも動態的に推測する必要がある。また、船型の将来にわたつての推移も、埠頭の技術的な形状もしくは設計条件に与える要素として、推定しておかねばならない。

ここでは、埠頭の規模を決定的に支配するものとして、各航路別に割り当てられるバース数の推定を行なうことを目的にしている。これがために必要な計画目標をつぎつぎに明らかにしていくこととする。

### 1) 神戸港における貨物の品種別数量および船舶運航の現況

昭和31年取り扱い貨物を品種別・航路別に分析すると、表2-1・12 のようになる。輸出入とも、世界一周航路・欧州航路・ニューヨーク航路の占める割合が大きく、品目別にみると、輸出にあつては繊維関係・飲食物・



表 2 - 1. 12

(1) ㊦ 昭和 31 年度

品 種	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1							16		23				
2													
3	808	2550	8413		10899			1318				414	
4	25120	18886	58448	67331	11612	5491	12487	4614	39592	6067	66	20794	22349
5	591	356	589	337		14	13				50	15	66
6	1212	3303	5407	579	1558	74	843	452		860		407	
7	6670	8996	10330	8543	2973	2503	1731	1233	1426			734	68
8	8364	10935	12238	9285	7099	6291	7173	1739	2387	3312	1345	1782	
9	25944	15302	43001	22185	71182	17882	10491	3476	6502	28076	6156	7117	1589
10													
11		1342	200	4200									
12													
13			12153		8711			2764					
14													
15	9354	13665	12407	1823	1872	9123	1680		6750	2362	3090	717	2576
16	300	163	1700	400									
17	3367	5682	7721	8341	2430	5623	1476		526	40936	10491	45234	8000
18					100								
19	31380	33203	38133	37659	24565	18273	15081	876	12179	30740	15148	97210	16336
20	1413	1188	885	2200	2665	7910	18		829	102		35	51
21	74	154			100								
22	1897	2084	2030	2052	1435	674	347	251	30	451	780	394	38
23	1973	3264	3017	2810	49	3000					63	50	
24	4855	7625											
25	700	400	1500	705		824							
26	1822	41	472		261	2256		369	391	26	32	260	
27	3059	3124	3129	3700	1200	3275		390	832	1053	420	387	
28													
29	15035	6752	15125	15905	9139	17513	4954	882	5688	4455	166	2126	343
30			149	144		36							
31	174	200						9		39			
32									5040				
33	501	203	445		817			150	87		64	76	
34	4091	12220	25978	1450	7901	4917	3064	3474	30	3149	93	4311	70
35	15518	15570	10892	7674	5154	8203	11449	1091	1004	1516	1016	9297	
36	3210	1488	1320			340	2700	8400	9500	1300			
37	2594	3452	3181		2038	3800	911					757	811
38	7391	13231	20440	1271	121	10	848	73	2859	17777	39658	44436	3190
39	400	99	910	532		590			13				
40	120			500		700							
41	3817	5945	2225	2070	2844	30285	517	1855	202	956	124	676	
42	600	267				650	364						
43	3977	8550	3284	1292	1105	363	227	678	55	15	12	21	
44	3115	1500	1262	1600		5384	297		1471			280	
45	6161	9736	12265	10580	5672	6006	6994	2438	3568	9114	2485	8835	1944
合計	195507	211477	319149	214168	183802	162070	83678	36532	93944	157366	81259	244865	58091

品種別・航路別統計表

(単位トン)

14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	小計	不定期	旅客	合計
39													78			78
100					9381						4		33887	38657		72544
20002		4948		89	1320	50	2419		51677		21	659	354042	382762	19588	776392
		13		68	62								2774	839		3013
		2288		1010					1687		176	87	19953	521	218	20692
1748	2373	153		225	75		28		80				49839	2502	998	53339
2640	1163	1518		1664	1848			1467	7000		1314		90564	6936	2921	10421
2320		13705		5284	1381		789				1112	54	284048	59156	3581	346785
									154			7	161	107		268
													5743	3000		8743
													23628	16294		39922
2589				117	125		3350		18035		10405		100240	20872	952	122064
													2563			2563
11837		9530		362	1419	5900	300		2314		5119		176608	58598	178	235384
													100			100
54346	4292	35440		1566	9848		2833	5000		1427	1000	9663	496218	317319	7586	821123
501		10					2000		100		435	1339	21681	3763		25444
													328			328
764		469		357	625		827		630		279	934	16345	2002	264	18611
139				47	60				7702		600		22794	1328		24122
													12480	208		12688
					321		530						4980			4980
		709			220			106			252	10	7227	3197	510	10934
	2550								746				23865	184	156	24205
											156		156			156
2330		42899		931	10644	12		105	480		507	78	156069	31429	1909	189407
					2590								2919			2919
				214									636		74	710
				5200						10450			20690	57644		78334
109		57		43	31				150		542	35	3310	909		4219
1625		19033		331	7136	3700		73105				5858	182193	144873	10680	337746
24826	1189	5216		798	2332	56	193	139	85		127	78	123143	4850	5466	133459
					36						140		28434	720	500	9654
		592		1100	730				1100				21072	4024	18	25114
2773	3806			10861	4679	33959		905	2445		1705	3	212538	3731	394	216663
292							200				125		3161	281	16	3458
													1320	999		2379
649		2966			173			1067					56311	53725	648	110744
		71		23								1513	3488	74		3562
604		548		878	14					217		70	21910	587	153	22650
								750				125	15684	2025		17709
5557	92	7192		2931	4671	439	244	1701	2338		2409	2423	115695	11240	3810	130745
135830	15465	147267	-	34199	69671	144116	137138	359597	473120	426428	22936	2738335	1235356	60620	4034311	

## (2) ㊦ 昭和31年度

新 種	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1										37				
2										1				
3														
4			11		151									
5	25													20
6	59	128	42	66		62				8				70
7	2483	2780	1,684	1,567	1,657	1818	629	1,733	1,266	1,512	809	823		990
8	5220	4448	4041	3206	2,634	2401	3759	2430	4002	3966	3066	5608	2401	3,340
9														
10	228	193	524	143		160	170			590	199	224		140
11														
12	134									89		507	71	
13														
14														
15	499	456	1,015	120	110		151	87	23	845	73	512	45	557
16	70	300					234	400	400			214		
17	280	1,357	256											
18	435	154	278	1,152	238				202	2419		404	1,100	1,280
19	2,523	8,165	5409	2206	3	2090	9,302	1,626	2216	8459	2045	10218	161	3,000
20	162	295	320	111		305	228	15		27				
21	118			59								100		
22	1094	2311	3,53	754	4	68	1,691	269	575	728	111	933		790
23	9,757	10,153	18,656	13,945	1,275	10,020	11,266	6460	9,289	8,164	2,366	11,619	308	4,590
24	494	686	1,094	1	740	261	921		321	361	71	427		170
25		3,500		67										10
26	1,661	1,866	9,113	5073	3820	5729	579	1,057	449	596	201	356	7	1,000
27	13,227	17,546	50,592	44,237	14,626	27,461	2063	2,179	1,988	2018	17	294	8	1,030
28		343	1,200	700										
29	461	123	173	28		6	54	14		37	2			
30	150	379	149	65		110	64			163		837	231	60
31		33	11											
32														
33	2028	1,985	4,206	2,605	1,012	2,133	802	913	1,319	2,259	842	2972	866	400
34	15,566	24,493	15,931	5985	3,380	29,020	5,476	3,340	6951	19,063	4,124	22,393	5,240	39,500
35	869	1,137	1,001	14	15	45	260	311	55	25	3	68		20
36	208	887	279	1,553		31	54	4	15	370	578	288	5	700
37	230	551	885	108		70	782	36	287	457	518	579	13	700
38	12091	14,512	9,500	7778	3820	7405	5056	2915	940	8055	5,656	6,249	88	1,360
39	60,505	87,630	88,995	14,655	9,123	8713	41,746	17,520	69,752	75,223	20,155	33,105	67,24	210,000
40	13,604	11,451	16,294	10,533	7,756	10,837	2,781	2,288	5,115	3,170	54,54	2,172	1,720	1,370
41	5,781	44,35	13,125	4,104	259	425	1,208	2,488	597	5,039	3015	4,235	3,47	1,280
42	2854	5,552	15,140	5,187	5,215	1,755	2,609	2,459	1,735	5,577	1,098	2,655	1,171	3,380
43	5,301	5,297	6,433	2,220	97	996	6,820	3,262	4940	5,667	1,927	5,665	626	1,320
44		110		66										
45	11,560	13,777	50,138	15,298	609	5,243	4,601	4,867	7,784	7,629	2,659	4,519	1,330	4,600
合計	169,107	227,064	330,108	146,228	56,584	112,159	10,2806	56,704	205,21	163,293	550,19	118,289	2,2504	5,920

品種別・航路別統計表

(単位トン)

15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	小計	不定期	旅客	合計
			25								85	147			147
										9	9	19			19
	35		40				13					259	53		312
							66			8	505	1,059	103	45	1,207
	954		86	29			1,196			523	743	24,560	471	1,571	26,602
	4670		2,567	5,279	2,586	24,02	4803	27,10	24,37	36,39	30,27	8,6649	45,10	1,192	9,2351
												2581	198	154	2933
											4	4			4
												801	117		918
	1250			1,173	206		659	114	130	167	234	8,426	324	285	9,035
			170				195		321	201		2505			2505
	245						232					2370	300		2670
	1010				25,921		4,177	59,20		13,000	1,004	58,653	290		58,973
	3626		1,301	3,584	2,273	44	1,158	1,733	728	908	1,202	74,060	12,526	2,155	88,741
	3			9			441	1				19,17	22	289	2228
												277	7		284
	222		485	447	71		269	245	238	60	98	14,619	1,863	5000	21,482
4	7,203		1,763	6,119	1,321	130	37,22	36,06	1061	2,582	18,644	147,245	16,562	5007	168,814
	242		120	3,236	106	45	27753	45,683	5027	6,197	263	44,224	1,617	721	96,562
114												2082	5682		5782
5	238		827	235					53	62	434	3,3464	1,590	1,167	35,221
5	177		529	441	3	24	827		21	11	1,033	18,0658	5,492	4,764	19,0914
				102							800	3,145			3,145
	11		97	29			95		101		44	1,275	145		1,420
	89			310	30		138		27	5	3,168	5,976	308		6,254
	5										29	78			78
	1041		575	1,442	178	1,500	8,659	161	95	25	3006	41,033	1,036	745	42,814
60	58,14		1,377	54,31	4,12	9,23	1,682	1,056	1,511	2,379	36,111	27,2494	8,848	8,808	23,7950
	9		238	77			10				29	4,186	259	517	4,962
	507		24	598	10	905	386	52		75	9	7515	812	103	8430
1	13		1	409	61		952	249	40	27	292	6,670	297	35	7002
1	150,12		452	2855	245	9,139	5781	9,977	358	1,212	495	126,112	6,114	427	132,553
5803	42,235		15,197	33,471	7,272	5,175	7882	9,554	10,684	6,507	11,061	71,7696	40,557	11,828	77,2571
1025	2017		3,91	2035		2502	248	255	1,125	5075	3252	12,7707	1,272	555	12,8554
1	3777		2487	6,033	526	78	2316	566	1,205	3902	3176	71,032	7512	1,133	79,677
135	4914		1,100	1,601	4,661	3003	341	518	3454	3,269	1,725	31,167	6,341	1,806	89,214
14	5068		2416	3,787	1,240	68	4679	2592	3591	2,176	2064	7,7966	10,454	2,585	91,005
					6						1,276	1,458		15	1,473
110	3525		3650	4815	1,064	51	3861	1472	755	1957	7491	163,427	6,607	4431	174,465
7321	101918		39,864	87416	48,193	26,009	8,254	18,8785	34062	56010	86925	2400359	136,659	55,338	259,236

航 路 別 記 号

1 世 界 一 周	14 濠 州
2 欧 州	15 ニ ュ ー ジ ラ ン ド
3 ニ ュ ー ヨ ー ク	16 イ ン ド ネ シ ア
4 米 国 大 平 洋	17 ボ ル ネ オ
5 メ キ シ コ	18 中 近 東
6 北 米 西 岸	19 バ ン コ ツ ク
7 南 米	20 フ イ リ ビ ン
8 中 南 米	21 香 港
9 ア フ リ カ	22 台 湾
10 ボ ン ベ イ , カ ラ チ	23 中 共
11 印 度 。 パ キ ス タ ン	24 ヲ エ ト ナ ム
12 ラ ン グ ー ン 。 カ ル カ ッ タ	25 朝 鮮
13 ラ ン グ ー ン	26 沖 繩

品 種 別 記 号

1. 動 物	13 燐 砒 石	28 漁 獲 物
1 獣 類	14 石 灰 石	14 その他雑貨
2 鳥 類	15 土 石	29 植 物
2 米 穀 類	16 その他磁物製品	30 穀 粉
3. 米	17 砒 石	31 茶
4. 穀 類	9 セ メ ン ト	32 塩
3 油 類	18 セ メ ン ト	33 水 産 加 工 物
5. 鉱 油	10 金 属 お よ び 同 製 品	34 飲 食 物
6. 植 物 性 油	19 鉄	35 皮 毛 骨 角
7. その他油脂	20 鋼	36 染 料
4 薬 品	21 鉛	37 塗 料
8. 薬 品	22 その他金 属	38 糸 線 索 お よ び 同 材 料
5 綿 花	23 金 属 製 品	39 布 帛 お よ び 同 製 品
9. 綿 花	11 肥 料	40 衣 類 履 物 お よ び 同 製 品
6 生 糸	24 人 造 肥 料	41 製 紙 原 料 紙 お よ び 同 製 品
10. 生 糸	25 その他肥 料	42 陶 磁 器 硝 子
7 石炭およびコークス	12 木 材 類	43 車 輛 時 計 機 械 類
11. 石 炭	26 材 木	44 飼 料
12. コ ー ク ス	27 木 製 品	45 雑 品
8 鉱 砒 石 お よ び 同 製 品	13 漁 獲 物	

・木材・鉄・金属製品が，輸入にあつては穀類・綿花・くず鉄などが主要貨物をなしている。

## 2) 神戸港昭和37年における取り扱い貨物量の推定

(1) 神戸港全体の取り扱い貨物量の推定。神戸港の昭和37年における外国貿易貨物量の推定はつぎの方法によつた。第一に日本全体の外国貿易量の規模は，国の長期経済計画の規模から推定されるが，そのためには国際収支の均衡と国内経済活動の規模とから，原材料の輸入量と製品の輸出量が概定される。さらにそれは，国内の主要生産工場の長期生産計画の上に重合され照査される。<sup>4)</sup>このようにして，日本全体の外国貿易貨物量の内容と数量とが推定されれば，それを扱う港における出入貨物の内容と貨物量がおのおの推定されるが，別途その港の勢力圏を定め，圏内における物資の需給計画を考慮しても推定することが可能である。<sup>1)</sup>以上のような諸方法を用いて，神戸港の昭和37年における取り扱い貨物量を推定したのが表2-1・13である。

(単位千トン)

表2-1・13

	1. 動 物	2 米 穀 類	3 油 類	4 薬 品	5. 綿 花	6 生 糸	7石炭およ びコークス	
出	2	2	30	210	—	7	1	
入	—	890	460	130	370	—	18	
	8鉄石お よび冷製品	9 セメント	10金属お よび同製品	11 肥 料	12 木材類	13 魚獲物	14そ 他雑貨	合 計
出	20	145	756	300	435	16	3059	4983
入	800	—	1330	34	37	—	1844	5913

(2) 航路別取り扱い量。未開発地域の開発，その他若干の変動が予想されるが，量的には少なく，新長期経済計画によつても，日本の貿易市場はこの数年間大きな変動はないものと推定される。したがつて37年の取扱

貨物量を31年の航路別取り扱い量の比により $\frac{1}{10}$ 分し、37年の航路別取り扱い量を推定すれば、次のとおりとなる。

表2-1.14 航路別取り扱い貨物対照表 (単位:千トン)

輸 出

航路 年度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
昭和37年	388	433	570	253	22	125	240	73	199	424	85	303	35	153	26
昭和31年	169	226	371	146	15	112	104	56	119	164	55	132	25	56	7
差 引	219	207	199	107	7	13	136	17	80	260	30	171	10	97	19
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	合 計	不定期	総合計	
昭和37年	152	4	79	170	74	76	170	165	46	123	121	44	49	534	4983
昭和31年	105	0	40	89	49	10	83	90	34	57	87	240	1	136	2537
差 引	47	4	39	81	25	6	87	75	12	66	34	2048	398	2446	

輸 入

航路 年度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
昭和37年	235	255	390	260	226	198	100	50	117	192	99	304	71	167	18
昭和31年	191	211	319	214	184	162	84	37	96	157	81	247	58	136	15
差 引	44	44	71	46	42	36	16	13	21	35	18	57	13	31	3
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	合 計	不定期	総合計	
昭和37年	180	4	42	74	54	17	102	120	15	32	28	3350	2563	5913	
昭和31年	147	0	34	60	44	14	84	97	12	26	23	2733	2082	4815	
差 引	33	4	8	14	10	3	18	23	3	6	5	617	481	1098	

### 3) 計画目標としての取り扱い貨物量

昭和30年・31年神戸港における世界一周航路・欧州航路（中近東航路を含む）・ニューヨーク航路の3航路の定期船による輸出入実績は表2-1・15のとおりである。

表2-1・15

(単位千トン)

年 航 次 路	貨物別 輸出入別	一般雑貨			特定貨物			撒貨物			計		
		輸出	輸入	計	輸出	輸入	計	輸出	輸入	計	輸出	輸入	計
30	世界一周航路			3207			127			651	1849	2135	3985
	欧州航路			4504			29			649	2787	2395	5182
	ニューヨーク航路			4131			643			951	3041	2683	5725
	計			11842			799			2251	7678	7214	14865
31	世界一周航路	1364	916	2280	179	649	828	148	390	538	1691	1955	3646
	欧州航路	2376	1565	3941	179	413	592	114	480	594	2660	2457	5117
	ニューヨーク航路	2444	1095	3539	369	1057	1425	488	1040	1528	3301	3191	6493
	計	6184	3676	9860	727	2119	2845	750	1910	2660	7652	7603	15255

(神戸市港湾局資料による)

昭和37年においては、輸入のうち、特定貨物と撒貨物が大幅に増加する傾向にあるので、この点を考慮し、上表を基礎として昭和37年の取り扱い貨物量をつぎのように分割した。

輸出のうち、特定貨物と撒貨物の大部分は、金属製品・木材製品・飲食物・糸纜縄索および同製品・布帛および同製品・衣類・紙・陶磁器および雑品などで、これらはほとんどすべて摩耶埠頭での取り扱い対象となり得るものである。輸入のうち、特定貨物の大部分は綿花・バナナ・小麦・大麦・米な



ど、搬貨物はスクラップ・塩・砂糖・木材・燐灰石・種子・鉱石・石炭・土石などであり、これらはほとんど摩耶埠頭での経岸荷役の対象から除外される。このほか、一般雑貨の中にも、これらの小口のものが含まれることもあるが、摩耶埠頭では岸畔取りされるものと考えられる。

したがって、摩耶埠頭の計画対象となる<sup>3</sup>航路については、昭和37年において、

輸出の総量	1,470千トン
輸入の一部（一般雑貨のみ）	362千トン
計	1,832千トン

と推定されるが、このうち、私設埠頭で取り扱われるものを除いたものを対象とすることが妥当となる。

表2-1.16

（単位千トン）

航 路 年次	貨物別 輸出入別	一般雑貨			特定貨物			搬貨物			計		
		輸出			輸入			輸出			輸入		
		輸出	輸入	計	輸出	輸入	計	輸出	輸入	計	輸出	輸入	計
37 年	世界一周航路	3480	950	4430	200	900	1100	200	500	700	3880	2350	6230
	欧州航路	4770	1770	6540	200	600	800	150	600	750	5120	2970	8090
	ニューヨーク航路	4600	700	5300	500	1500	2000	600	1500	2100	5700	3900	9600
	計	12850	3620	16470	900	3000	3900	950	2600	3550	14700	9220	23920

現在、神戸港の定期船用私設専用埠頭は、三井棧橋と高浜岸壁で、

三井棧橋……………10,000%級      2バース

高浜岸壁…………… 8,000%級      3バース

計5バースである。

また、昭和30年・31年の取り扱い量は表2-1.17のとおりである。

表 2 - 1・17

( 単位千トン )

航路・年次別	貨物別	一般雑貨		特定貨物		撒貨物		計	
		30	( )	30	( )	30	( )	30	( )
世界一周	30	1040	(325)	7.0	( 5.8 )	15.3	(23.5)	126.3	(31.5)
	31	890	(39.0)	28.0	(34.0)	200	(37.0)	137.0	(37.5)
欧州航路	30	90.1	(20.0)	29	(10.0)	—	( 0 )	93.0	(18.0)
	31	26.0	( 6.6 )	9.0	(15.0)	3.0	( 5.1 )	38.0	( 7.4 )
ニューヨーク航路	30	73.8	(18.0)	—	( 0 )	9.6	(10.0)	83.0	(14.6)
	31	15.0	(42.0)	8.0	( 5.6 )	120	( 7.8 )	35.0	( 5.4 )
小計	30	267.9	(2.25)	9.9	(14.1)	24.9	(11.0)	302.7	(20.3)
	31	130.0	(13.3)	45.0	(15.8)	320	(12.0)	210.0	(13.7)
総計	30	510.3	(13.6)	85.3	(13.3)	84.9	( 5.7 )	680.5	{ 11.6 } { 44.5 }
	31	296.0	( 8.3 )	231.0	(17.0)	96.0	( 5.7 )	623.0	{ 9.4 } { 33.7 }

( ) 内は航路群に対する%を示す。

両埠頭とも将来の拡張計画はないが、荷役能力の充実などにより、昭和37年には1,080千トンの取り扱い能力を有するものとし、その44%に当る475千トンが上記3航路の取り扱い量であると仮定し、昭和37年の公共埠頭・私設埠頭の取り扱い量を表2-1.18のように分析する。

摩耶埠頭においては、この表中公共埠頭の分

輸 出          1,177千トン          の全部

輸 入          740千トン          のある部分

を取り扱い対象とすることにする。

表2-1・18

(単位千トン)

貨物別 航路埠頭別		一般雑貨			特定貨物			撒貨物			計		
		輸出	輸入	計	輸出	輸入	計	輸出	輸入	計	輸出	輸入	計
世界一 航路	計	3480	150	4430	200	900	1100	200	500	700	3880	2330	6230
	公共	2420	730	3150	130	580	710	120	300	420	2670	1610	4280
	専用	1060	220	1280	70	320	390	80	200	280	1210	740	1950
欧州航路	計	4770	1770	6540	200	600	800	150	600	750	5120	2970	8090
	公共	3815	1390	5205	160	480	640	125	500	625	4100	2370	6470
	専用	955	380	1335	40	120	160	25	100	125	1020	600	1620
ニク ユ  航 ヨ  路	計	4600	900	5500	500	1500	2000	600	1500	2100	5700	3900	9600
	公共	3965	700	4665	460	1380	1840	575	1340	1915	5000	3420	8420
	専用	635	220	855	40	120	160	25	160	185	700	480	1180
小 計	計	12830	3620	16470	900	3000	3900	950	2600	3550	14700	9220	23920
	公共	10200	2820	13020	750	2440	3190	820	2140	2960	11770	7400	19170
	専用	2630	800	3430	150	560	710	130	460	590	2930	1820	4750

この場合、輸入貨物のうち、摩耶埠頭にけい船して取り扱われるもの（経岸・解取りの別を問わず）は、特定貨物および撒貨物を除いた一般雑貨のみとする。

したがって、結論的に摩耶埠頭における取り扱い貨物量は表2-1・19 のように推定される。

#### 4) 1隻当たり平均貨物取り扱い量

表2-1・20 に示すように、昭和30年の本港入港船舶3,865隻のうち、油槽船および修理船を除いた3,736隻は、定期船もしくは不定期船である

表 2・1・19

(単位千トン)

航路別		輸 出	輸 入	計
昭和 37 年	世界一周航路	2 6 7	7 3	3 4 0
	欧州航路	4 1 0	1 3 9	5 4 9
	ニューヨーク航路	5 0 0	7 0	5 7 0
	計	1, 1 7 7	2 8 2	1, 4 5 9

が、これらの船は必ずしも本港において荷役するものではなく、その1割弱はなんらの荷役をすることなく出港する。この傾向は昭和31年においても同じである。神戸港入港船舶のうち、定期輸出船について、その荷役トン数の分布を神戸市港湾局の調査資料に基づいて調査すると、表2-1・21のような資料が得られ、これをヒストグラムに描くと図2-1・4の点で示すようになる。この図より明らかなように荷役トン数の分布は非対称型であり、この例では下限値0トン上限値8,000トンのSlade型分布として表わされることがわかった。今荷役量を $x$ トンとしたときこの分布関数を $V(x)$ とすると、

$$V(x) = \frac{1}{2} \varphi_0(\xi) \frac{d\xi}{dx}$$

$$\left. \begin{aligned} \text{ここに、} \xi &= C \log \left( \frac{g-x}{g-x_0} \right) = C \log \frac{X}{X_0} \\ \frac{x}{g-x} &= X, \quad \frac{x_0}{g-x_0} = X_0 \text{ で } g \text{ は } x \text{ の上限値} \end{aligned} \right\} (2-1.1)$$

$$\text{また、} C = 1/\sqrt{2} \cdot D(\log X)$$

分布関数 $V(x)$ の積分より求められる累加関数 $S(x)$ は、

$$S(x) = \frac{1}{2} [1 + \Phi_0(\xi)] \dots \dots \dots (2-1.2)$$

ここに $\varphi_0(\xi)$ 、 $\Phi_0(\xi)$ はそれぞれGaussの誤差関数、誤差積分をあらわす記号である。すなわち、

$$\begin{aligned} \varphi_0(x) &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} \\ \Phi_0(x) &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{u^2}{2}} du = \int_0^x \varphi_0(u) du \end{aligned} \quad \} \quad (2-1.3)$$

そして  $\delta_x = 50\%$  を与える  $x$  として、中央値が与えられる。このようにして、揚積の荷役量の幾何平均を求めると、1隻につき 1,548 トンと計算される。

また総入港船に対する単純平均荷役量を表 2-1.22 から求めると、昭和 30 年については積揚合計 1,560 トン、昭和 31 年については、1,590 トンとなる。

以上は、マロクのみにみた神戸港の入港船の全部について 1 船当りの積揚量もしくは荷役量の解析であるが、もちろん航路別・品目別・定期と不定期の別によつて変動はある。昭和 30 年と 31 年は、日本の経済界も極めて活潑だったこと、そして海運界もそれにひきつれて好況の状態であり、表 2-1.22 に示したとおり、いわゆる満船状態で運航していた事実から、神戸港における 1 隻当り平均荷役量というものは積荷 640 トン、揚荷 960 トン計 1,600 トンくらいが将来も変らぬ値であろうと推定される。その代表的な分布型は、式 2-1.1 より式 2-1.3 に示したとおりと思われる。

表 2-1.20

昭和 30 年

	定 期	不 定 期	計
入 港 船	2,813 隻	923 隻	3,736 隻
荷 役 船	2,674 (93%)	764 (83%)	3,438 (92%)

註 1) 総取り扱いトン数は 583 万トン

2) 油槽船および修理船は除いてある。

昭和31年

	計	定期	不定期	旅客
入港船	4269隻	3,173 隻	870 隻	58 隻
荷役船	3,944(93%)	3,144(99%)	742(85%)	58(100%)

(油槽船は除外、本表はいずれも神戸市港湾局資料)

表2-1.22

			荷役船	荷役トン数	荷役船に 対し平均 荷役量	総入港船	総入港船 に対し平 均荷役量
30	積荷	定期	2,103 隻	2,214,908 トン	1,050 トン	2,813 隻	780 トン
		不定期	427	256,628	600	923	280
		計	2,530	2,471,536	980	3,736	660
	揚荷	定期	1,806	2,152,017	1,950	2,813	770
		不定期	523	1,210,584	2,330	923	1,310
		計	2,329	3,362,601	1,440	3,736	900
31	積荷	定期	2,402	2,400,359	1,000	3,173	760
		不定期	396	136,659	350	870	160
		計	2,798	2,537,018	910	4,043	630
	揚荷	定期	1,982	2,738,335	1,400	3,173	860
		不定期	505	1,235,356	2,400	870	1,420
		計	2,487	3,873,691	1,550	4,043	960

表 2 - 1 . 2 1

輸出 ( 定期 ) 積荷 ~ % 表 ( 昭和 3 1 年 )

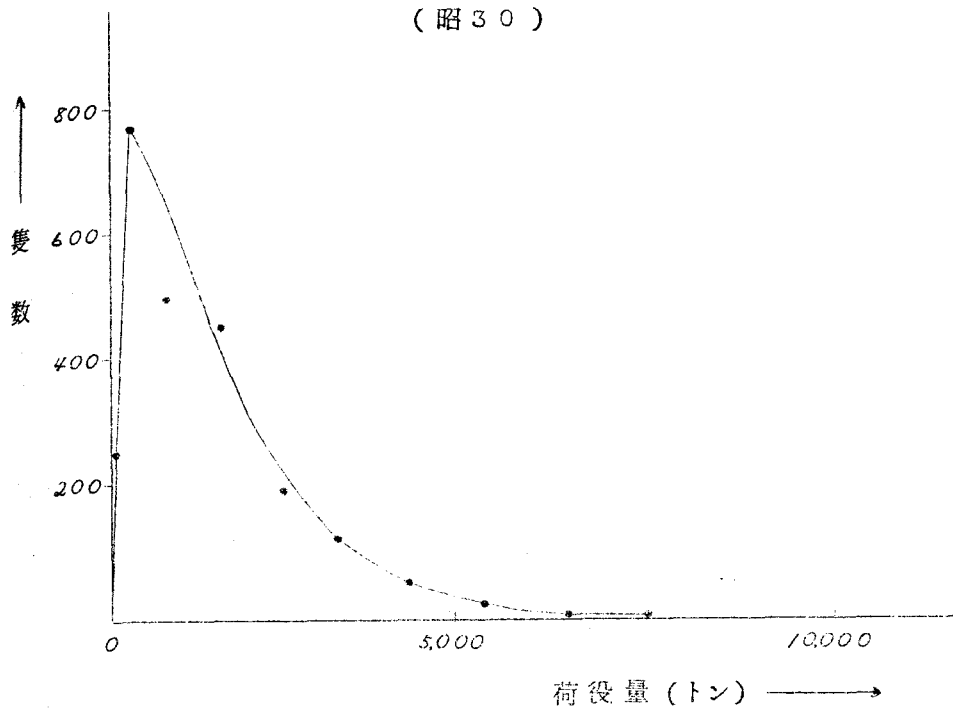
積荷 トン	%	500 以下	500 1000	1,000 2000	2000 3000	3000 4000	4000 5000	5000 6000	6000 7000	7000 8000	8000 9000	9000 10000	10000 以上	計	比 率
500 以下		36	80	103	142	75	71	33	94	126	73	30	10	873	36.4
500 - 1,000			23	60	38	61	66	34	82	89	50	23	28	555	23.1
1,000 - 2,000			10	21	17	53	55	49	110	127	51	24	17	534	22.3
2,000 - 3,000					16	21	20	16	45	39	38	10	19	224	9.4
3,000 - 4,000					2	10	12	10	40	25	19	6	8	132	5.5
4,000 - 5,000						1	2	5	15	19	4	4	2	52	2.2
5,000 - 6,000								2	7	5	3	3		20	0.8
6,000 - 7,000									1	3	2	2		8	0.3
7,000 - 8,000											2	1		3	0.1
8,000 - 9,000											1			1	-
9,000 - 10,000															
10,000 以上															
計		36	113	184	216	221	226	149	394	433	243	103	84	2402	
比 率		1.6	4.6	7.7	9.0	9.2	9.4	6.2	16.3	18.0	10.1	4.3	3.5		

(神戸市港灣局調)

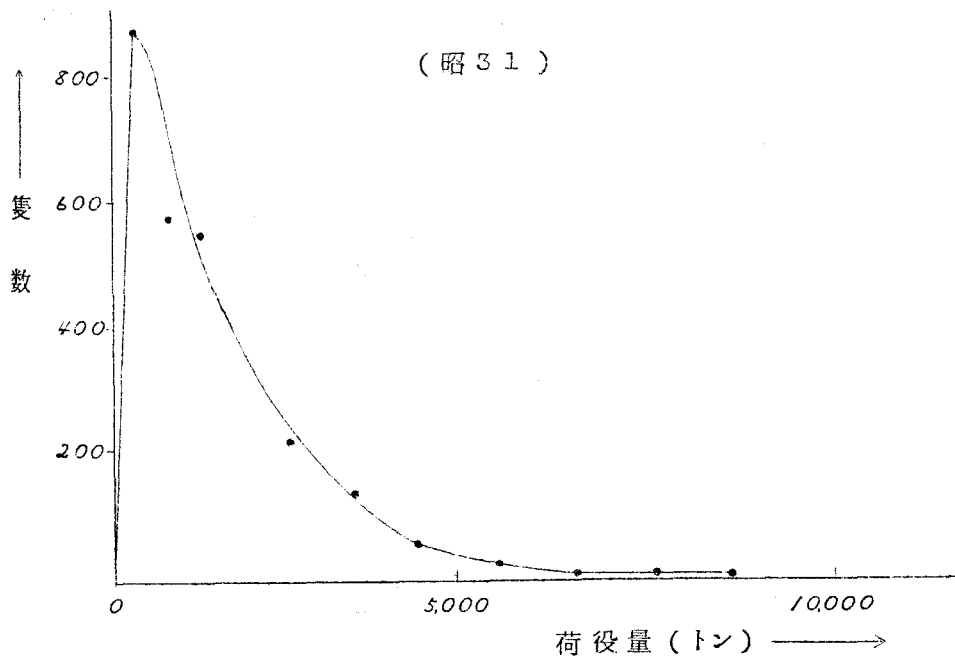
また、昭和 3 0 年と 3 1 年における 3 航路および、全定期船の 1 隻当り平均取り扱い量を詳細に調べると、表 2 - 1 . 2 3 のようになっている。すなわち、世界一周航路の船は神戸港入港船舶の平均よりかなり多くの荷役を行ないこれに反してニューヨーク航路の船はやや少ない。欧州航路の船は大体神戸港の船の平均の体様を示しているようである。いま計画の対象となっているこれら 3 航路に就航する船の 1 隻当りの荷役量の将来を推定するのであるが、今後ある程度の船型の増大、契約単位量の増加が見込まれるので、昭和 3 0 年・3 1 年の実績に若干増加を見込むことが必要と思われる。表 2 -

図2-1・4  
1隻当り輸出荷役貨物の規模（定期船）

（昭30）



（昭31）





1・24 は計画年次昭和37年頃の1船当り平均荷役量の想定である。ただしその分布型は前に述べたものと同様として推論を進めてゆくこととする。このように推定した場合ニューヨーク航路の定期船が、さきに推定した神戸港全入港船の体積とほぼ一致することになる。

表2-1・23

年	航路	一般雑貨船			特定貨物船			撤 荷 船			計		
		貨物量	船舶数	取扱量	貨物量	船舶数	取扱量	貨物量	船舶数	取扱量	貨物量	船舶数	取扱量
30	世界一周航路	3207	114	2813	127	3	4230	651	26	2503	3985	143	2787
	欧州航路	4504	253	1780	28	1	2900	648	22	2950	5182	275	1884
	ニューヨーク航路	4131	325	1271	643	10	6430	951	44	2161	5725	379	1511
	定期船計	30749	2210	1391	3643	107	928	9277	458	2026	43669	2775	1574
31	世界一周航路	2280	95	2400	828	42	1972	538	24	2243	3646	161	2265
	欧州航路	3941	274	1438	592	31	1909	594	38	1562	5117	343	1492
	ニューヨーク航路	3539	314	1127	1425	71	2007	1528	62	2465	6493	447	1452
	定期船計	30668	2099	1461	11617	744	2616	9102	630	1445	61387	3171	1936

表2-1・24

(単位 トン)

航路	平均取扱量	一般雑貨部	特定貨物船	撤 荷 船	計
世界一周航路		2800	2500	2700	2800
欧州航路		1900	2400	1900	1900
ニューヨーク航路		1350	1900	2500	1600

## 5) 航路別入港船舶の現況と将来の見越し

### (1) 一般的傾向

目標年次昭和37年における神戸港の入港船舶隻数の推定には、才1篇才4章§3の方法論の示すところにしたがい、まず既往入港隻数の年次経過より推定し、さらに、この数値を既往取り扱い貨物量および船舶の相関より得られたものと比較し、照合を試みることにする。

(a) 既往入港船舶隻数よりの推定。 図2-1・5は昭和22年から31年までの入港外航船舶隻数を表2-1・22から求め、これから昭和37年における隻数を推定したものである。図中の実線は最小自乗法による回帰直線であり、各標本点はほぼ回帰直線の廻りにラムダムに分散しているから、これら各点を回帰直線を基準とする統計値(Stochastic Value)と考え、棄却限界法による5%棄却限界を求めたのが図中の点線である。

昭和 $x$ 年においても、昭和22年～31年の期間における入港隻数に影響した諸因子が著しい変動(異常な経済変動、海運および港湾行政などの急激な変化)を生じないとすれば、 $x$ 年の入港隻数 $y$ は、ほぼ95%の信頼性をもつて、

$$y_x \pm 1.96 \sigma_y \dots\dots\dots (2-1.4)$$

の範囲に入ることが考えられる。

ここに、 $y_x$  : 推定直線上の昭和 $x$ 年の入港隻数(不偏推定値)

$\sigma_y$  : 不偏分散

$$= \sqrt{(A_{11} + (A_{21} + A_{12})x + A_{22}x^2)}$$

$A_{ij}$  : 重み方程式の係数

$$\sigma : \sigma^2 = \frac{S^2}{n-2}$$

$n$  : 資料数(昭和22年~31年まで、よつて $n=10$ )

$$S : S^2 = \{v \ v\} = \sum_{x=22}^{31} \{y_x - \bar{y}\}^2$$

(b) 相関法。表2-1・25は、入港船舶隻数のほかに、船舶総トン数および輸出入貨物取り扱い量を与えている。これらは図2-1・6、および図2-1・7から明らかなように、かなり相関性がある。この場合、(a)と同じ方法で、95%の信頼限界を設け、外貨取り扱い量から船舶隻数と総トン数を推定した。

(c) 将来の推定。以上から入港船舶数は一般雑貨・特定貨物・散貨物・旅客あるいは定期・不定期修理などの総合計であるが、全体の傾向としては、昭和37年の輸出入合計約10,900,000トンに対して6,200~7,500隻(35,000,000~45,000,000%)の入港が見込まれる。これは船型が将来もほとんど変化しないであろうという理由によるものであるが、このことは、表2-1・26(イ)によつて裏書きされている。すなわち、昭和元年からの平均の船型は、多少の増減はあつてもほとんど6,000%前後で、最近はむしろ6,000%台を下つている。これは大部分を占める一般雑貨船が、今後船型の増大を図るよりも速力の面で競争しようとする傾向にあるためであり、全体として急激な船型の増大はないものと考えられるのである。

一方表2-1・26(ロ)に示すように戦後10,000%級の船舶は徐々にではあるが増加の傾向にあり、このことから図2-1・8(ロ)に推定したように昭和37年においては隻数で5.5%(340~410隻)、総トン数で14%(5~6.3百万トン)程度を見込むことができる。

以上の考察からつぎのように推論することができる。

i) 昭和37年神戸港入港船舶数は6,800隻程度が予想される。

図2-1・5 入港船隻数の推定 (信頼限界5%)

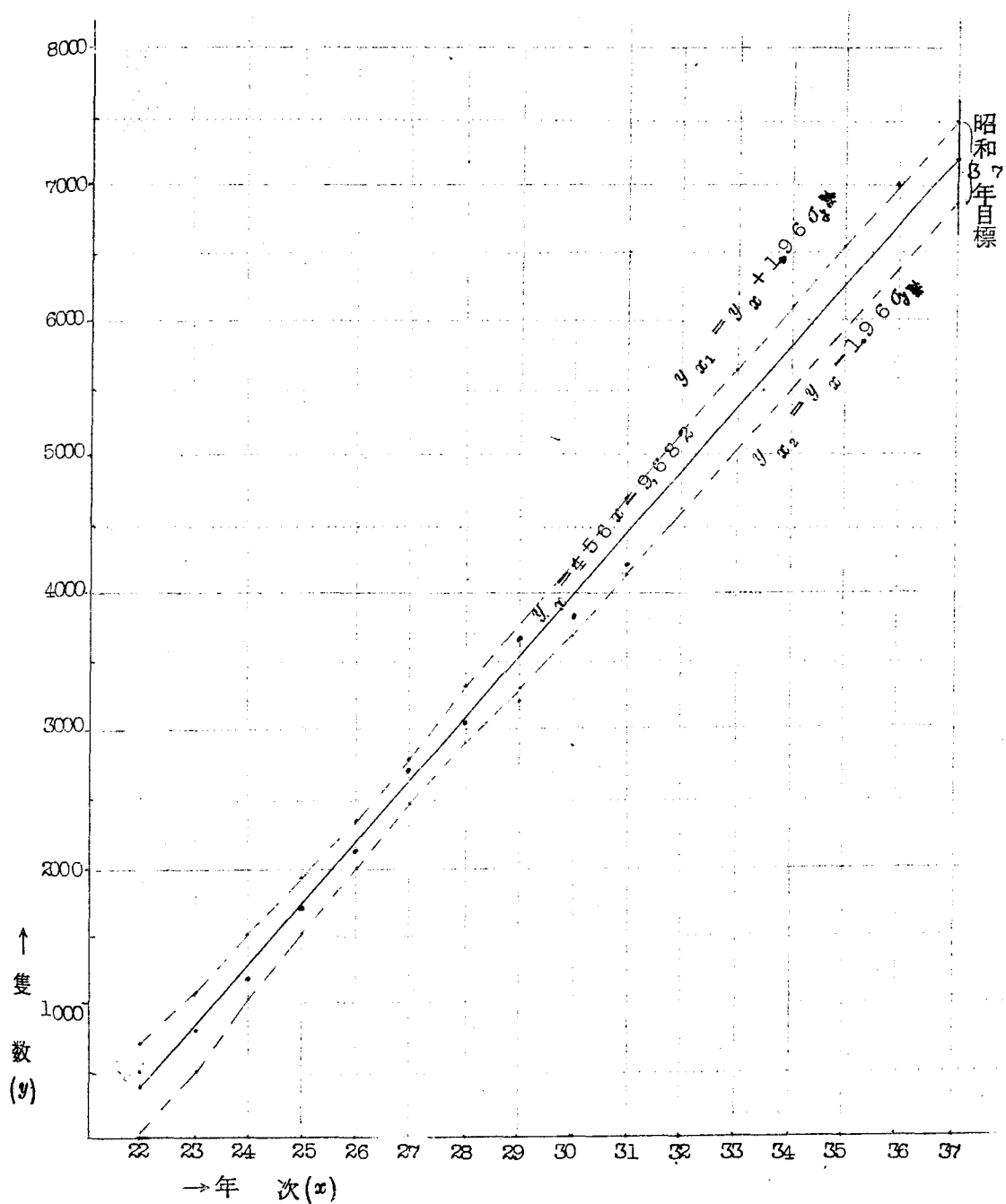


図 2-1・6 外貿取り扱い貨物量のすう勢と入港船舶の  
隻数との相関 (信頼限界 5%)

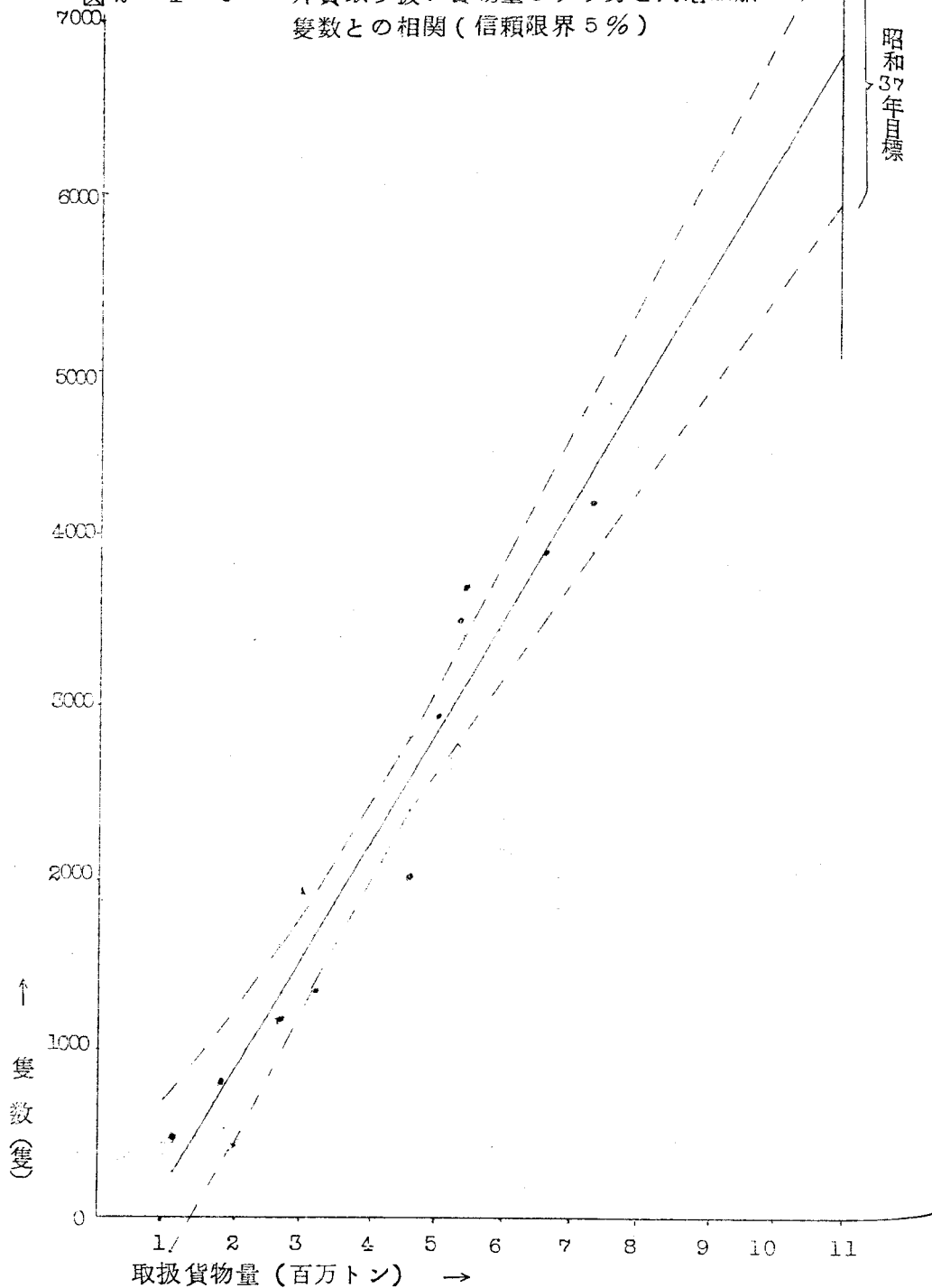
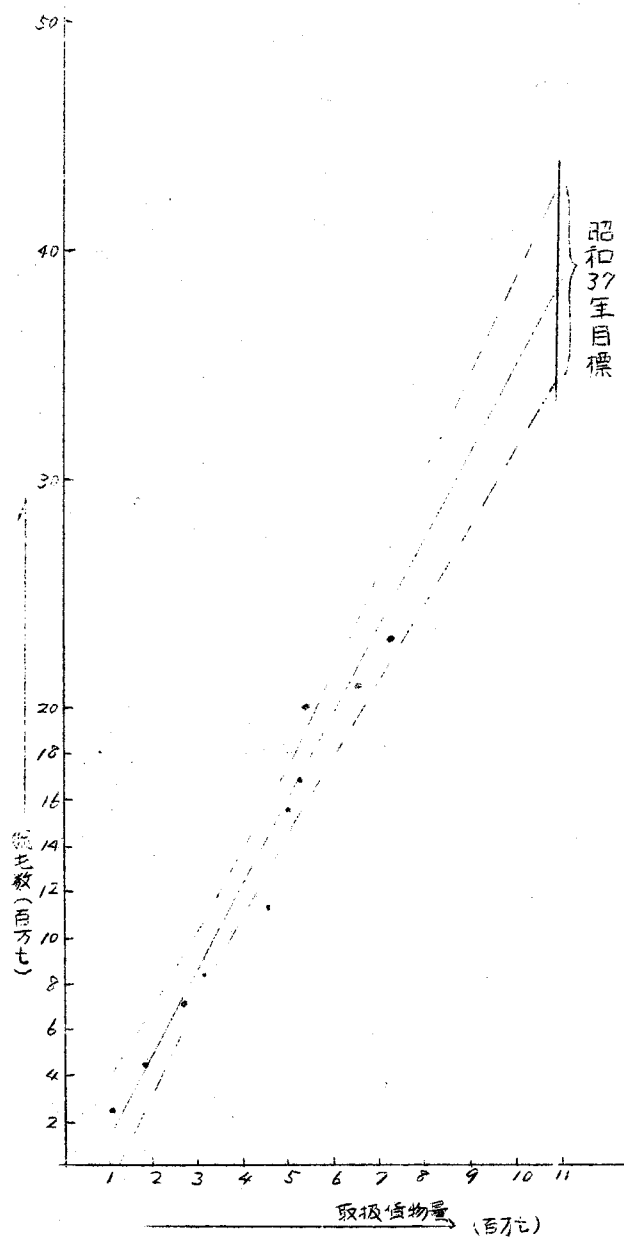


図 2-1・7 取り扱い貨物量と船舶総トン数との相関



ii) しかし全体の船型は大幅に変化しないだろう。

iii) 10,000%以上の船舶は徐々に増加する。

表2-1・25

(外国航路)

神戸港外国貿易取扱量・出入港船舶隻相関表

年次	輸 出	輸 入	合 計	隻 数	総 ト ン 数
昭和 //年	2236,427 <sup>トン</sup>	4306,400 <sup>トン</sup>	6,542,827 <sup>トン</sup>	4,575	28,609,035
12	2,241,499	4,341,497	6,562,996	4,238	27,330,114
13	1,736,010	3,350,234	5,113,244	3,603	23,060,733
14	1,936,608	3,592,502	5,529,110	3,718	23,469,976
15				3,313	19,984,567
16				2,257	12,845,666
17				1,022	2,528,168
18				589	1,428,512
19				311	712,001
20				26	64,961
21	86,622	460,158	546,780	337	1,661,188
22	165,245	957,500	1,123,145	478	2,246,919
23	278,114	1,690,560	1,968,674	785	4,387,284
24	583,095	2,189,294	2,772,389	1,180	7,227,704
25	1,119,814	2,117,165	3,236,979	1,359	8,399,918
26	1,531,058	3,118,795	4,649,853	1,987	11,447,770
27	1,693,865	3,319,263	5,013,128	2,944	15,695,244
28	1,471,483	3,846,161	5,317,644	3,522	19,454,312
29	1,815,046	3,606,001	5,421,047	3,698	20,329,918
30	2,455,849	4,151,399	6,607,248	3,865	21,235,930
31	2,537,543	4,818,990	7,352,533	4,217	23,559,964

表2-1・26(1)

## 外国航路就航船平均総トン数（船型の変遷）

年次	隻 数	総トン数	平 均	年次	隻 数	総トン数	平 均
昭和元年	3,926	22,537,491	5,741	昭和2年	337	1,661,188	4,781
2	4,136	21,953,104	5,308	22	478	2,246,919	4,701
3	4,214	24,048,039	5,707	23	785	4,387,284	5,589
4	4,323	24,343,729	5,631	24	1,180	7,227,704	6,125
5	4,707	26,311,229	5,838	25	1,359	8,399,918	6,181
6	4,050	25,071,412	6,041	26	1,987	11,447,770	5,761
7	3,515	24,047,775	6,142	27	2,944	15,695,244	5,331
8	3,080	24,653,825	6,194	28	3,522	19,454,312	5,524
9	4,565	26,174,292	6,284	29	3,698	20,329,918	5,498
10	4,818	27,793,987	6,291	30	3,865	21,235,930	5,494
11	4,575	28,609,035	6,253	31	4,217	23,559,964	5,587
12	4,838	27,330,114	6,449				
13	3,303	23,060,733	6,400				
14	3,818	23,469,976	6,296				
15	3,313	19,984,567	6,032				
16	2,757	12,845,666	5,691				
17	1,222	2,528,168	2,474				
18	989	1,428,512	2,425				
19	111	712,001	2,289				
20	626	649,61	2,499				



図2-1・8(イ)

神戸港入港  
外航船平均トン数

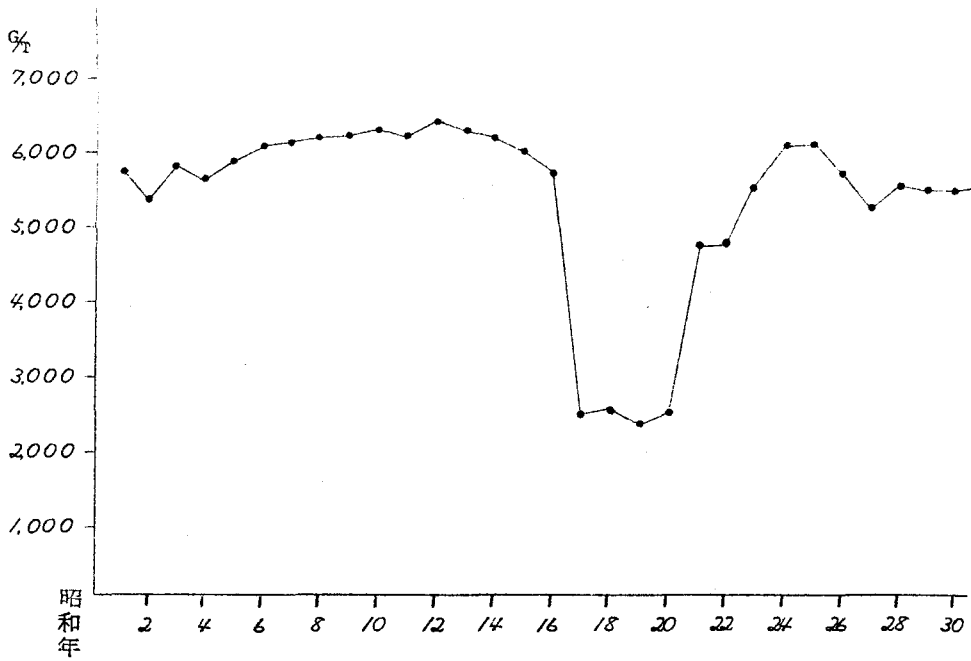


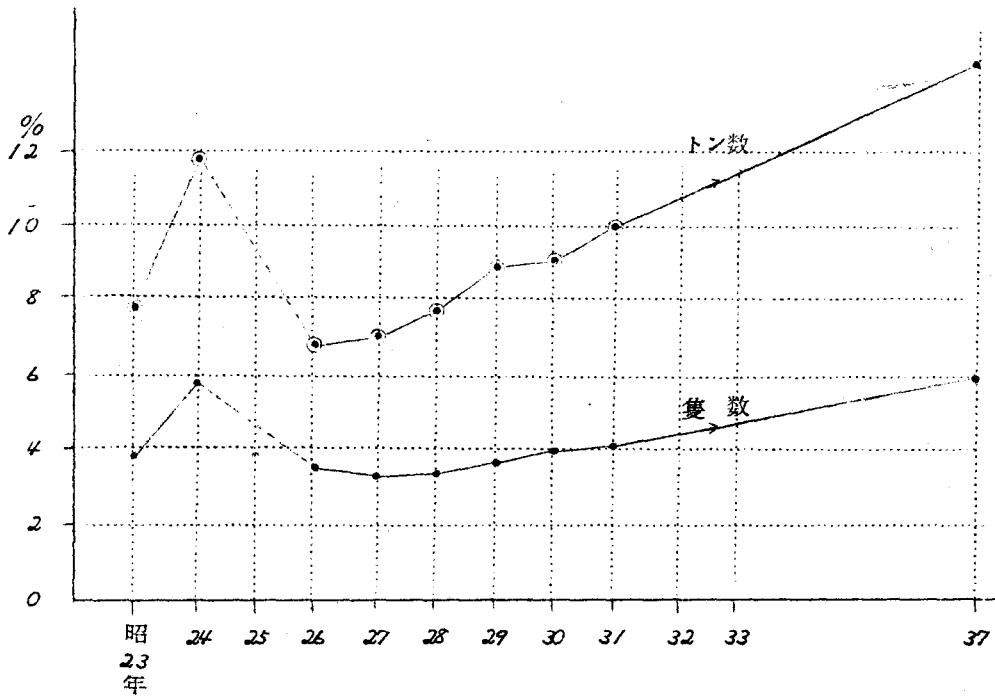
表2-1・26(ロ)

神戸港入港船舶中 10,000 % 以上のもの

年次	隻数	総トン数	平均トン数	隻数%	トン数%
昭和23年	30	332,387	11,080	3.8	7.6
24	67	846,585	12,636	5.7	11.7
25					
26	61	776,736	12,733	3.1	6.8
27	87	1,082,726	12,445	3.0	6.9
28	114	1,494,798	13,112	3.2	7.7
29	134	1,783,111	13,307	3.6	8.8
30	146	1,935,930	13,260	3.8	9.1
31	168	2,336,551	13,908	4.0	9.9

図 2-1・8(ロ)

10,000 %以上の船の占める比率



(2) 航路別入航船舶の現況および将来の見通し

昭和 30 年・31 年の神戸港における三航路の入港船舶数は表 2-1・27 のとおりである。

表 2-1・27

(単位：隻)

年次	航路別種別	一般雑貨船	特定貨物船	撤 荷 船	計
30	世界一周航路	114	3	26	143
	欧州航路	253	1	22	275
	ニューヨーク航路	325	10	44	379
31	世界一周航路	95	42	24	161
	欧州航路	274	31	38	343
	ニューヨーク航路	314	71	62	447

§ 5 の 3) に述べた昭和 37 年の取り扱い貨物量 (表 2-1・18) および一隻当り平均貨物取り扱い量 (表 2-1・23) より入港船舶数を推定すれば表 2-1・28 の (イ) のようになる。

表 2-1・28 (イ)

年次	航路別 種別	一般雑貨船		特定貨物船		搬 荷 船		計	
		貨 物	船 舶	貨 物	船 舶	貨 物	船 舶	貨 物	船 舶
37	世界一周航路	千トン 443	隻 153	千トン 110	隻 44	千トン 70	隻 26	千トン 623	隻 223
	欧州航路	654	353	80	33	75	40	809	426
	ニューヨーク航路	550	407	200	109	210	84	960	600
	計	1,647	913	390	186	355	150	2,392	1,249

これを表 2-1・18 で行なつた取り扱い貨物量の推定の場合と同様の方法により、公共埠頭と私設埠頭で扱うものとに分ければ表 2-1・28 の (ロ) のようになる。

表 2-1・28 の (ロ)

(単位：隻)

年次	航路別 種別 埠頭別	一般雑貨船			特定貨物船			搬 荷 船			計		
		公共	私設	計	公共	私設	計	公共	私設	計	公共	私設	計
37	世界一周航路	105	48	153	30	14	44	18	8	26	153	70	223
	欧州航路	283	70	353	26	7	33	32	8	40	341	85	426
	ニューヨーク航路	357	50	407	96	13	109	74	10	84	527	73	600
	合 計	745	168	913	152	34	186	124	26	150	1,021	228	1,249

### (3) 入港隻数と実荷役隻数

例えば、ニューヨーク航路でマニラを終端港とするものは、名古屋から神戸に入港したとき、原則として揚荷だけを行ない、マニラ向けの積荷あるいはニューヨーク向けの積荷は行なわない。そしてマニラから再び入港したときは、原則としてはマニラからの荷揚げは行なわず、ニューヨーク向けの積荷を行なう。したがって同一の船で入港数は2と計上される。

(実荷役数は揚1・積1である)

これに反し、神戸を終端港とするものは、揚荷が終れば直ちに積荷を行なつて出港する。この場合の入港隻数は、実数どおり1である。

いま実際の運航隻数を $n$ 、このうち神戸を終端港とするものの割合を港湾統計上の入港隻数を $m$ とすれば、

$$m = \alpha n + 2(1 - \alpha)n = (2 - \alpha)n$$

$$\therefore n = \frac{m}{2 - \alpha} \quad (\text{隻}) \dots\dots\dots (2-1.5)$$

$$\begin{array}{l} \text{実荷役隻数は、揚 } \alpha n + (1 - \alpha)n = n \text{ (隻)} \\ \text{積 } \alpha n + (1 - \alpha)n = n \text{ (隻)} \end{array} \quad \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{揚} \\ \text{積} \end{array}} \right\} (2-1.6)$$

すなわち、 $\alpha$ と $m$ がわかれば、実荷役隻数がわかる。また実際にバースを占有する隻数は $m$ である。世界一周航路は全部終端港と同一の性格をもつから、 $\alpha = 1$ 、欧州航路では $\alpha = 0.18$ 、ニューヨーク航路では $\alpha = 0.35$ で、この比率は将来もあまり変わらないものと仮定する。この仮定の下に、公共埠頭に入港する船舶隻数 $m$ から、実荷役隻数 $n$ を求めれば、表2-1.29のごとくである。

一般雑貨船は輸出入を問わず摩耶埠頭に着岸させるものとするから $m$ を採り、特定貨物および散貨物は輸出のみを摩耶埠頭で取扱う方針であるので、摩耶埠頭に考慮すべき船舶の隻数として表2-1.30を得る。

表 2-1・29

単位：隻

航路別 種別	一般雑貨船		特定貨物船		撒 荷 船		合 計	
	m	n	m	n	m	n	m	n
世界一周航路	105	105	30	30	18	18	153	153
欧州航路	283	156	26	14	32	18	341	188
ニューヨーク航路	357	216	96	58	74	45	527	319
計	745	527	152	102	124	81	1021	660

表 2-1・30

単位：隻

年	航路別	一般雑貨船	特定貨物船	撒 荷 船	合 計
37	世界一周航路	105	30	18	153
	欧州航路	283	14	18	315
	ニューヨーク航路	357	58	45	460
	計	745	102	81	928

## 6) 平均在港隻数と入港隻数

## (1) 一日平均在港隻数

在港隻数の分布はポアソン分布にしたがうが、このことはつぎのごとくして説明される。

§ 2 の 3) で述べたように、現在神戸港における入港船舶の分布は、月末集中の問題がからんで、順序統計学的にはラムダムであるとはいえない。したがって、在港数も正確にラムダムであるとは言えないが、今後若干は正されて行く傾向にあることと問題を簡単化して考えるということから巨視的に見れば、ラムダムと考えても差し支えないとする。この前提の上に

今ある時刻  $t$  に  $x$  隻在港する確率を  $P_x(t)$  とすれば、 $P_0(t)$  は時刻  $t$  中に 1 隻も在港しない確率であり、 $1 - P_0(t)$  は時刻  $t$  に 1 隻以上在港する確率である。

在港船舶が全くラムダムであるとすれば、時間間隔  $(t, t + \tau)$  に  $x$  隻在港する確率は時刻およびこの系の過去の歴史には無関係であつて、ただ  $t$  のみに関係する。したがつて、微小時間間隔  $h$  の間に 1 隻以上在港する確率  $1 - P_0(t + h)$  は、微小時間間隔のみの関数であるから、 $\lambda h + o(h)$  である。ここに、 $\lambda$  は正の常数、 $o(h)$  は  $h$  の高位の無限小である。または  $\lim_{h \rightarrow 0} \frac{1 - P_0(h)}{h} = \lambda$  と表わしてもよい。

また、時間間隔を小さくすれば、この微小時間内に在港する船舶は精々 1 隻であつて、2 隻以上在港する確率は微小時間  $h$  の高位の無限小と考えられる。

隣接時間間隔  $(0, t)$ 、 $(t, t + h)$  を考え、 $x \geq 1$  として、 $(0, t + h)$  の間に  $x$  隻在港したとすれば、これは、

a.  $(0, t)$  間に  $x$  隻在港し、 $(t, t + h)$  間に入港隻数 0、したがつてその生起確率は

$$P_x(t) \{ 1 - \lambda h - o(h) \} \dots\dots\dots (2-1.7)$$

b. また  $(0, t)$  間に  $(x - 1)$  隻在港し、 $(t, t + h)$  間に入港隻数 1 隻、したがつて、その生起確率は

$$P_{x-1}(t) \cdot \{ \lambda h + o(h) \} \dots\dots\dots (2-1.8)$$

c.  $(0, t)$  間に  $(x - i)$  隻在港し、 $(t, t + h)$  間に  $i$  隻入港する、 $(i \geq 2)$ 。したがつて、その生起確率は、

$$o(h) \dots\dots\dots (2-1.9)$$

の各事象のいずれかであり、これらは互いに排他事象であるから、 $P_x$

( $t+h$ ) は各事象の生起確率の和として与えられる。すなわち、

$$P_x(t+h) = P_x(t)\{1 - \lambda h - o(h)\} + P_{x-1}(t)\{\lambda h + o(h)\} + o(h). \quad \dots\dots\dots (2-1 \cdot 10)$$

したがって、

$$\lim_{h \rightarrow 0} \frac{P_x(t+h) - P_x(t)}{h} = \frac{d}{dt}\{P_x(t)\} = -\lambda P_x(t) + \lambda P_{x-1}(t) \quad \dots\dots\dots (2-1 \cdot 11)$$

$x=0$  のときは、

$$\frac{d}{dt}\{P_0(t)\} = -\lambda P_0(t), \quad \therefore P_0(t) = C e^{-\lambda t} \quad \dots\dots \dots (2-1 \cdot 12)$$

$t=0$  のときに在港船がなければ

$$P_0(0) = 1, \quad \therefore C = 1$$

これを式 2-1・12 に代入して

$$P_0(t) = e^{-\lambda t} \quad \dots\dots\dots (2-1 \cdot 12)$$

これをちく次代入していくと

$$P_x(t) = \frac{(\lambda t)^x}{x!} e^{-\lambda t} \quad \dots\dots\dots (2-1 \cdot 13)$$

これは、ポアソン分布に他ならないが、 $\lambda t \equiv k$  とかけば、

$$P_x(t) = \frac{e^{-k} k^x}{x!} \quad \dots\dots\dots (2-1 \cdot 14)$$

となる。式 2-1・13 の平均値、すなわち時間間隔  $t$  における平均在港隻数は、

$$E(x) = \sum_{x=0}^{\infty} x P_x(t) = \sum_{x=0}^{\infty} \lambda t \frac{(\lambda t)^{x-1}}{(x-1)!} e^{-\lambda t} = \lambda t \quad \dots\dots\dots (2-1 \cdot 15)$$

したがって、正の定数と定義した  $\lambda$  は、単位時間内での平均在港船隻数を意味することになる。

以上のようにして、一日の平均在港隻数  $\lambda$  が求められ、年間の入港船数<sup>n</sup>

がわかれば、一隻の平均在港日数  $u$  は簡単に

$$u = \frac{365\lambda}{n} \quad \dots\dots\dots (2-1.1.6)$$

として計算される。

また、逆に将来の平均在港日数  $u$  と入港船港  $n$  とが予測されれば、日平均在港隻数  $\lambda$  は、

$$\lambda = \frac{nu}{365} \quad \dots\dots\dots (2-1.1.7)$$

として計算でき、分布の型がポアソン分布をすることが期待されるから、ある隻数  $n_1$  を超過する確率  $P(x > n_1)$  が求められる。

昭和30年および31年の在港船分布図より、一日平均在港隻数および見掛けの在港時間を求めればつぎのごとくなる。

表 2-1.3.1

航路別	区別	一日平均在港隻数 ( $\lambda$ )	年間入港隻数 ( $n$ )	一隻当平均在港日数 ( $u$ )
世界一周航路	30	1.19	143	3.04
	31	1.39	161	3.16
欧州航路	30	2.49	275	3.30
	31	2.88	343	3.07
ニューヨーク航路	30	2.87	379	2.76
	31	3.33	447	2.73

したがって、年間入港船舶数と一日平均在港隻数とから算出した平均在港日数は約3日であつた。

けい船時間統計からの平均繋船時間は、40～50時間であつた。またバースの空き時間は平均22時間であつた。

これは平均を考えると、正午に入港し、翌翌日の14時に出港するものとするとき、けい船時間50時間、前後の空席時間22時間、計72時間で巨視的



に見た見掛けの在港日数3日とよく一致する。

## (2) 平均在港日数

摩耶埠頭計画に際しては、以上のデータを基にしてつぎの4つのケースが考えられる。

オ1は、昭和37年においても、現状のごときけい船時間および前後の空船時間が変わらないであろうとするものである。すなわち、在港日数は平均約3日（航路によつて多少異なる）となる。これは、荷役機械の整備によつても、けい船時間が大幅には変わらないだろうという考えによる。現状のごとき税関・検疫などの官庁の勤務体制では、入港時刻は8時～12時でありあまり変わらず、荷役の能率化によつて、荷後時間を3割短縮できたとしても、夜間出港はあまり行なわれず、結局現状どおり50時間くらいけい船するものとするのである。

船員にとつても、けい船時間の極度の短縮は好ましいものでなく、海運界が不況であれば、荷物が集まらぬ限り、早期出港も意味がなく、また好況であつても、船員にとつては最小限度、ホームポートに在港したいと要望する。したがつて平均在港時間は神戸港における定期船を考えた場合、あまり変化しないものとの仮定は、妥当性がないわけではない。

オ2のケースは、現状では特別な場合を除き夜間入港は考えられないから、まづオ1の船が朝8時～10時頃入港し、翌翌日の8～10時に出航する。オ2の船がその日の14時頃入港し、翌翌日の夕刻出港する。このような場合の平均けい船時間は約48時間、前後の空船時間が約12時間で、見掛けの在港日数は25日となり、しかも夜間の出入港は避けられる。

オ3のケースは、荷役機械の整備により荷役能率が向上し、平均けい船時間が短縮された場合、すなわちバース指定が円滑に行なわれ、船舶は正午

前後に入港し、翌日の8時～10時頃出港し、続いてつぎの船が正午頃入港すると仮定する。

この場合の平均けい船時間は約45時間で、前後の空船時間が3時間、したがって見掛けの平均在港日数が2日となる。

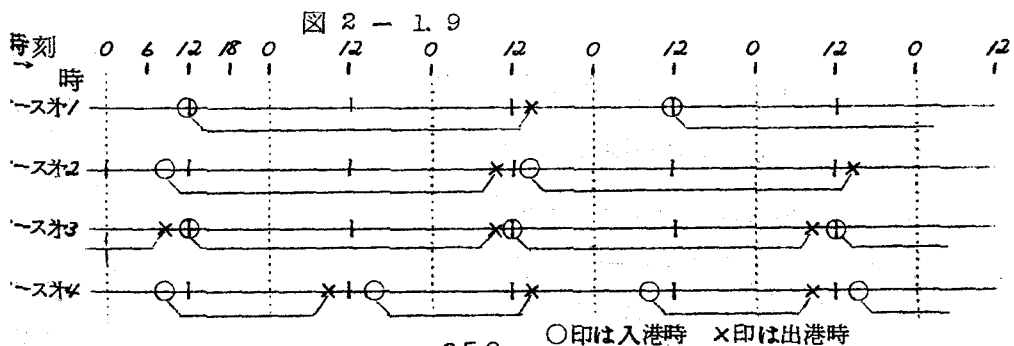
オ4のケースは、オ3のケースよりもさらに荷役能率が上がり、見掛けの在港日数が1.5日となつた場合である。すなわち、オ1の船は朝8～10時に入港し、その日荷役を完了して翌日の同時刻に出港する。オ2の船はその日の14時頃入港し、その日と翌日の午前中荷役して14時頃出港する。オ3の船はそのつぎの日の朝入港する。

このようにすれば夜間の出入港は避けられる。平均けい船時間は24時間、前後の空船時間は12時間、よつて見掛けの在港日数は1.5日となる。

以上四つのケースのほか、平均在港日数1日ということは、今のところほとんど考えられない。それは船員側が少なくとも1泊の停泊を望んでおり正午に入港してその日のうちに荷役し、翌日朝出港することも可能ではあるが、神戸のような港ではすべての船がそこまで行くことはありえないからである。

その他のケースは、いずれも必然的に夜間入出港を伴うものであるから現在の時点では考慮する必要はない。

以上四つのケースを図示すればつぎのごとくなる。



この四つのケースについて、平均在港隻数を計算すれば表2-1・32のごとくなる。

表2-1・32

航路群	ケース 平均在港日数 入港船舶数	1	2	3	4
		3.0	2.5	2.0	1.5
世界一周航路	153	1.26	1.05	0.84	0.63
欧州航路	315	2.59	2.16	1.73	1.29
ニューヨーク航路	460	3.78	3.15	2.52	1.89
計	928	7.63	6.36	5.09	3.81

実際には、航路によつて在港日数は同一ではなく、世界一周航路ではニューヨーク航路に比べてやや長く、この傾向は将来も存続するであろうと思われるので、その補正をする必要がある。

#### 7) 航路別在港隻数の分布

いままでに得られた資料をもとにして、将来における平均在港日数を推定し、これより平均在港隻数を求めて、所要バース数の決定のための資料とする。

世界一周航路を東廻りと西廻りとに2分し、東廻りをニューヨーク航路に西廻りを欧州航路に付随させて考慮する。そのときの昭和37年の航路群別貨物取り扱い量は表2-1・33のごとくなる。

表2-1・33

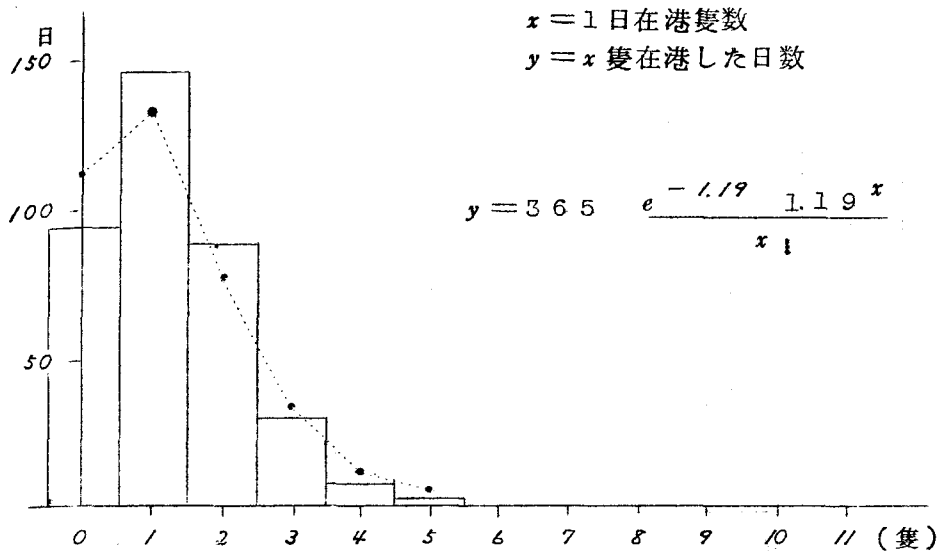
航路群別 貨物別	貨物量			船舶数 (隻)
	輸 出	輸 入	合 計 計	
欧州航路群	544	175	719	392
ニューヨーク航路群	633	107	740	536
計	1,177	282	1,459	928

(註) 表2-1・19および表2-1・30参照

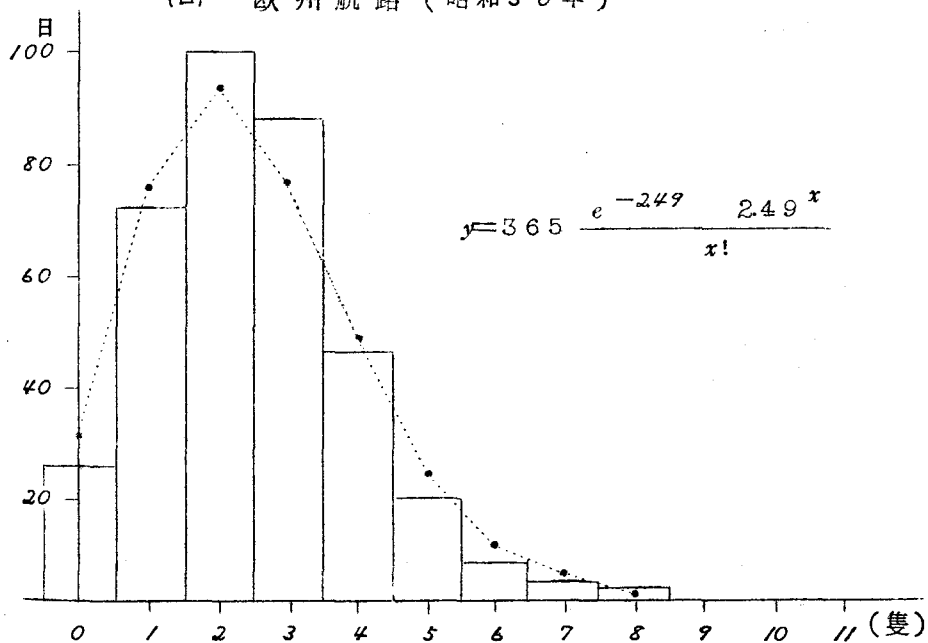
図 2-1・10 一日平均在港隻数分布 (昭和30年・31年)

(神戸市港湾局資料による)

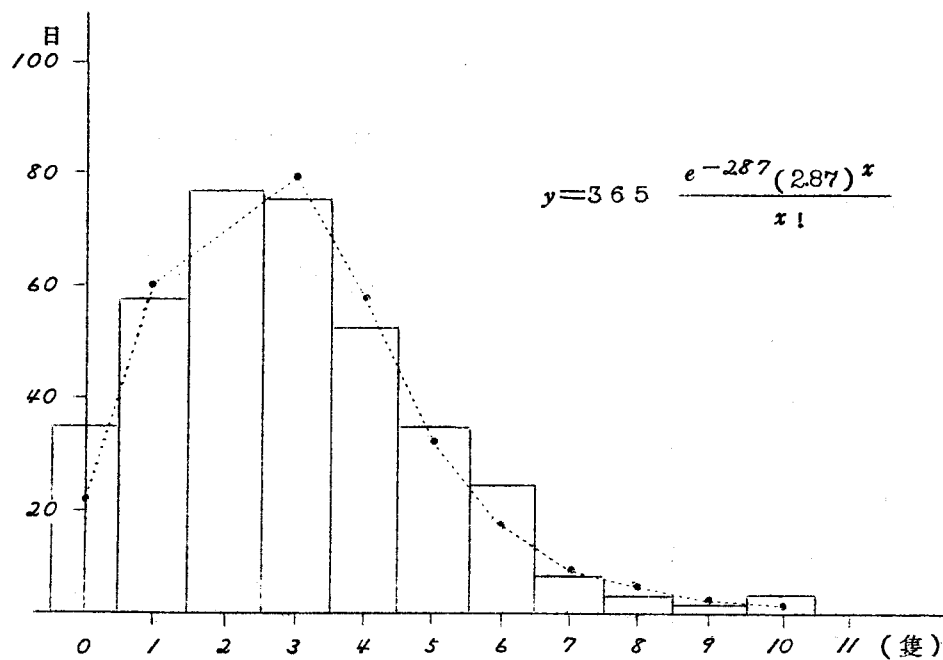
(イ) 世界一周航路 (昭和30年)



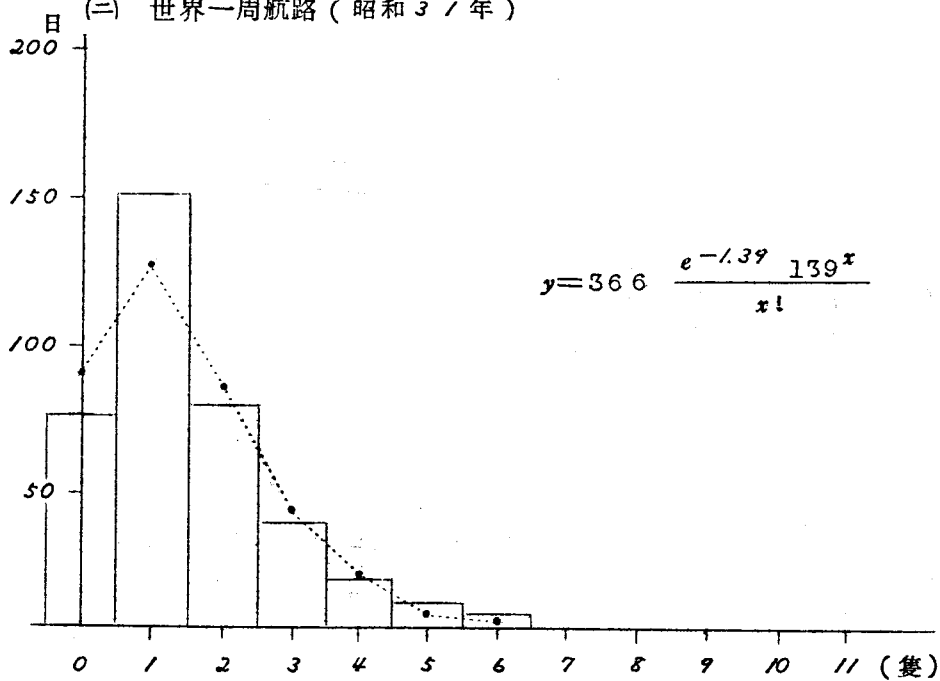
(ロ) 欧州航路 (昭和30年)



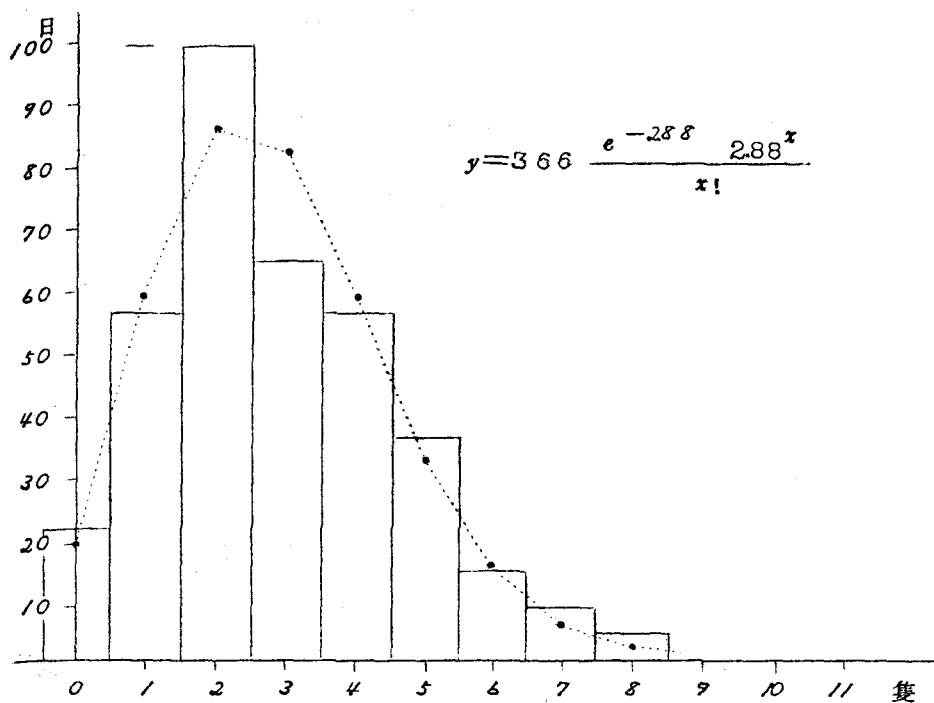
(一) ニューヨーク航路 (昭和30年)



(二) 世界一周航路 (昭和31年)



(ホ) 欧州航路 (昭和31年)



(ヘ) ニューヨーク航路 (昭和31年)

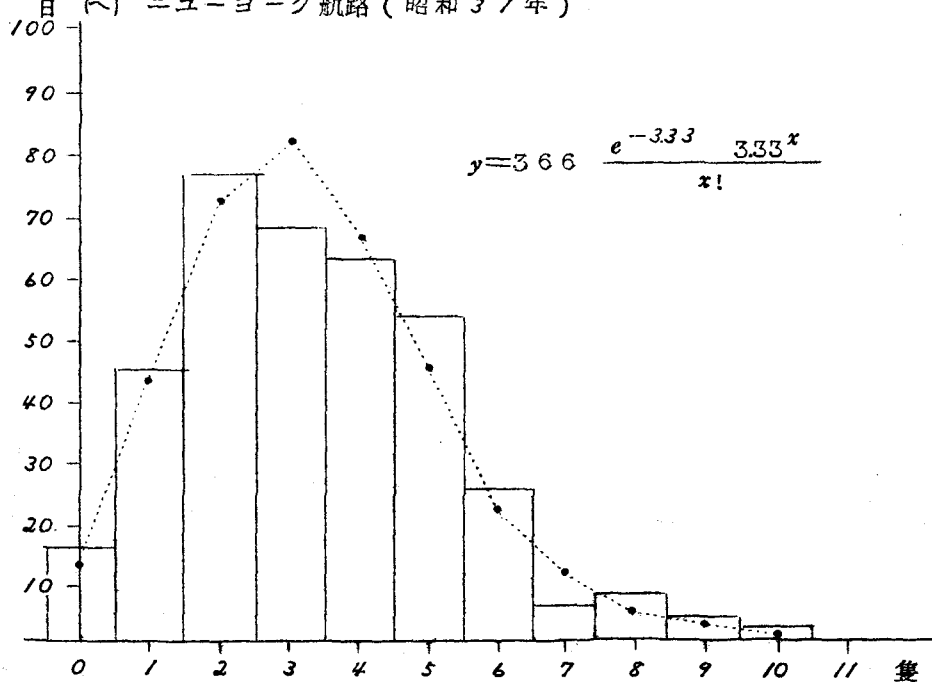
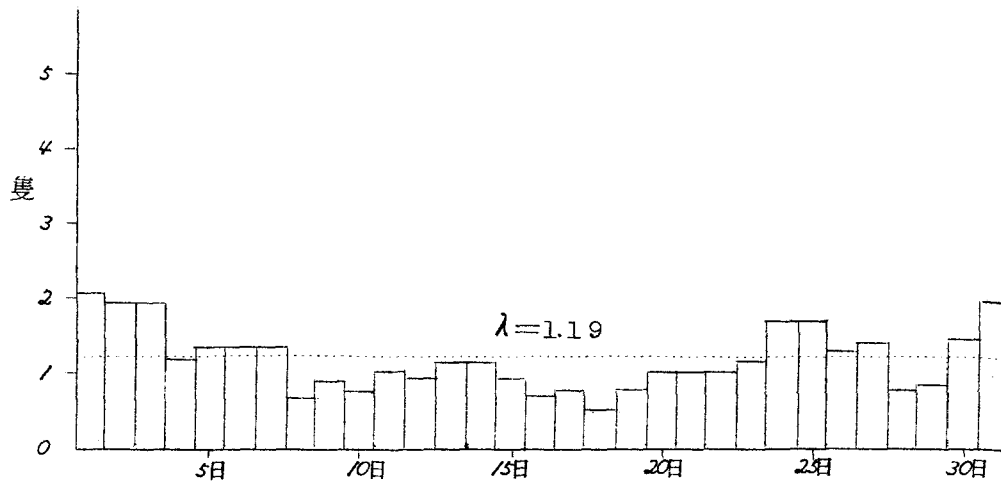


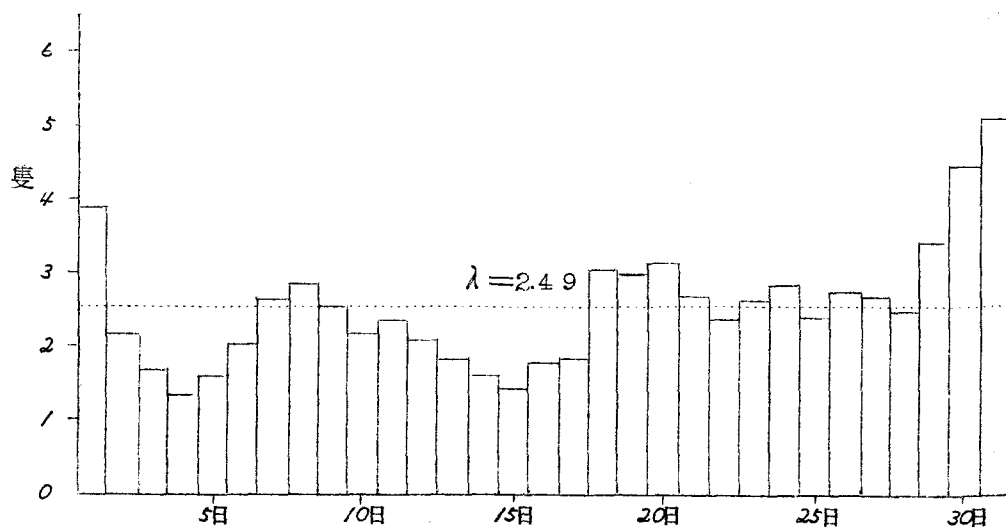
図 2-1・11

航路群別在港船波動図(1) (30年)

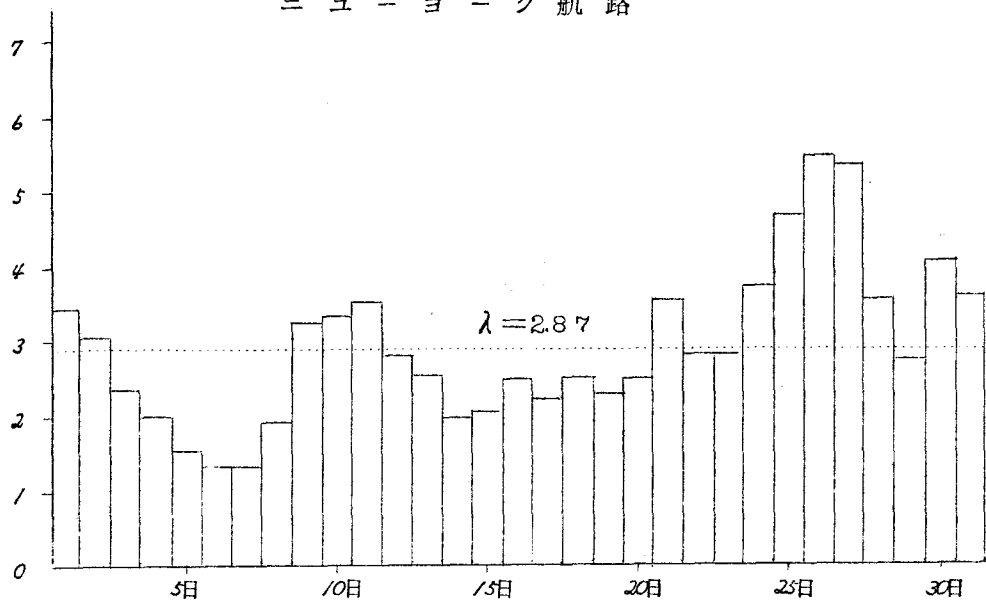
世界一周航路



ヨーロッパ航路

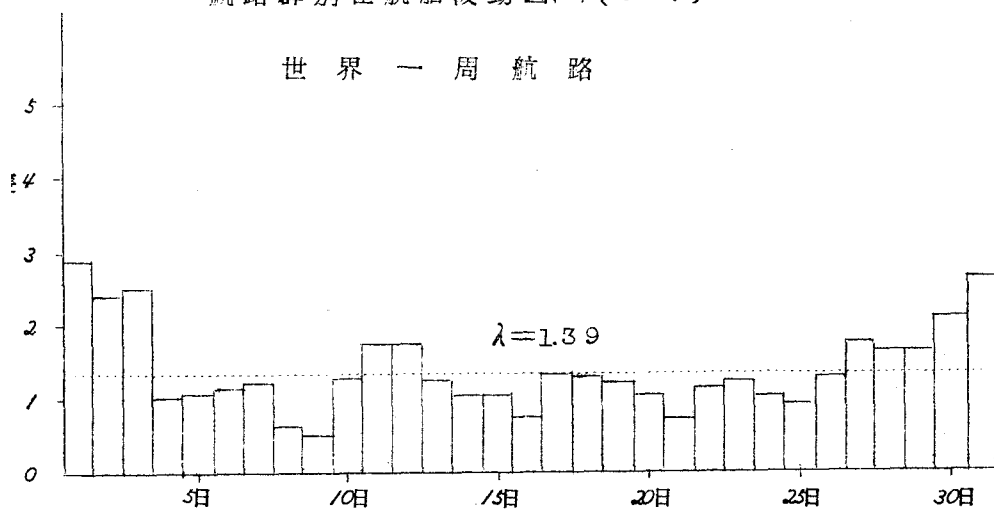


# ニ ュ ー ヨ ー ク 航 路



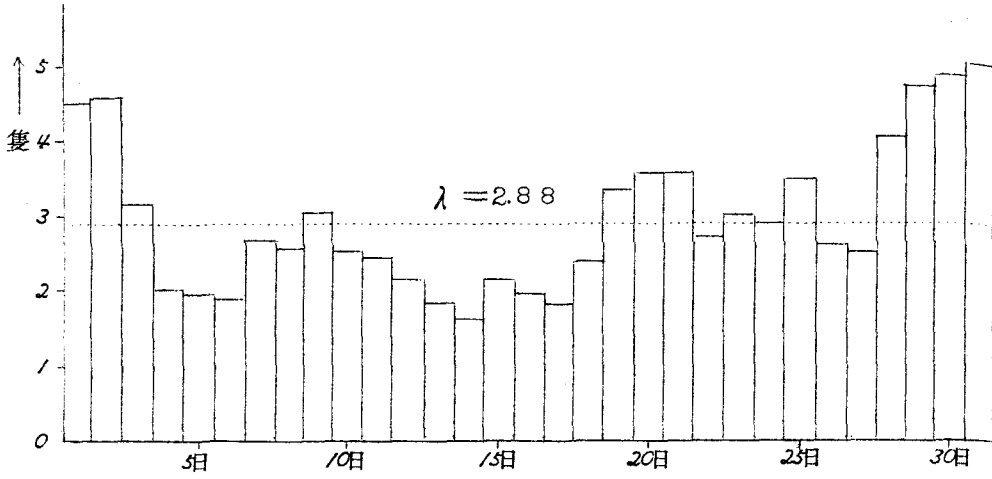
## 航路群別在航船舶波動図(口)(31年)

### 世 界 一 周 航 路

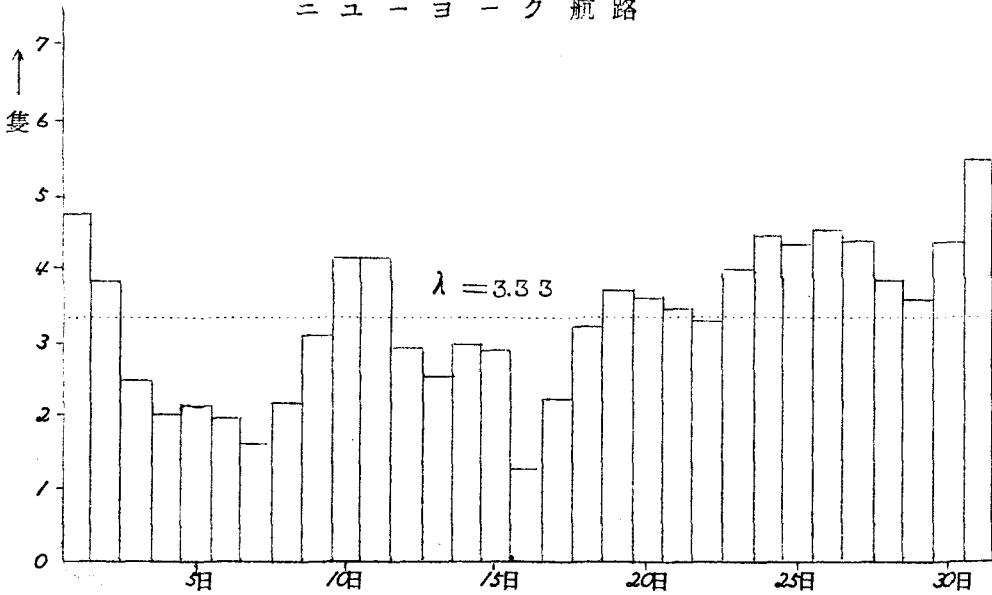




ヨーロッパ航路



ニューヨーク航路



見掛けの平均在港日数については、前項で次の4つのケースについて考慮した。すなわち、

(i) 見掛けの平均在港日数を3.0日とする場合

(現状と変わらない)

(ii) 見掛けの平均在港日数を2.5日とする場合

(iii) 見掛けの平均在港日数を2.0日とする場合

(iv) 見掛けの平均在港日数を1.5日とする場合

これについて、つぎのような情報がある。

(a) 月末集中という現象は、通関手続・通商手続が多少簡素になつたとしても、根本的に解決されるものではない。それは日本経済の体質の問題であり、長期の断えざる改善策を施して、徐々に解決されて行くものであろう。したがつて、3～4年さきにおいても月末集中という現象は若干残る。定期船であるがため、出港間際にどつと荷物が集まるということはさげられない。

(b) 現在、日本の主要輸出品である布帛製品にせよ、木製品にせよ、大部分は買手市場であり、この傾向は将来も変わるとは思われな。したがつて、現在のごとき注文生産様式が続く限り、港頭における輸出倉庫の必要性はあまり存在しない。そのために、定期船のけい船時間を大いに利用しようとするだろう。

(c) 船内デリックの能力を大幅に凌駕し、しかも経費がそれに見合うものでない限り、岸壁クレーンが本船デリックにとつて替わることは困難であろう。したがつて、荷役時間の大幅な短縮は考えられない。現在のけい船時間が実荷役時間に左右されるのではなくて、荷持ちの時間によるものであることを考えれば、けい船時間の大幅な短縮もまた考えられない。

(d) しかし、航路別に突堤を指定することによつて、現在よりもいくぶんか荷動きがスムーズになり、荷役時間が短縮することは、十分期待できるものである。荷役機械設計担当者は、荷役時間が現在よりも約2割短縮されるであろうとしている。

(e) 現在の平均在港日数は、世界一周航路3.1日、欧州航路3.1日～3.3日、ニューヨーク航路2.8日である。

これらの情報をもとにして、昭和37年においては平均在港日数が現在よりも約2割短縮するものとし、欧州航路群で2.5日(ケースオ2)、ニューヨーク航路群で2.0日(ケースオ3)、とする。そのとき各航路群の1日平均在港隻数 $\lambda$ は、式2-1・17から簡単に欧州航路群で2.68隻、ニューヨーク航路群で2.94隻と求められる。

1日平均在港隻数の年間分布は式2-1・14で $P_x(t=1)=P_x$ とすれば、

$$P_x = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!}$$

であるから欧州航路群；  $P_x = \frac{e^{-2.68} 2.68^x}{x!} \dots (2-1 \cdot 18)$

ニューヨーク航路群；  $P_x = \frac{e^{-2.94} 2.94^x}{x!} \dots \dots (2-1 \cdot 19)$

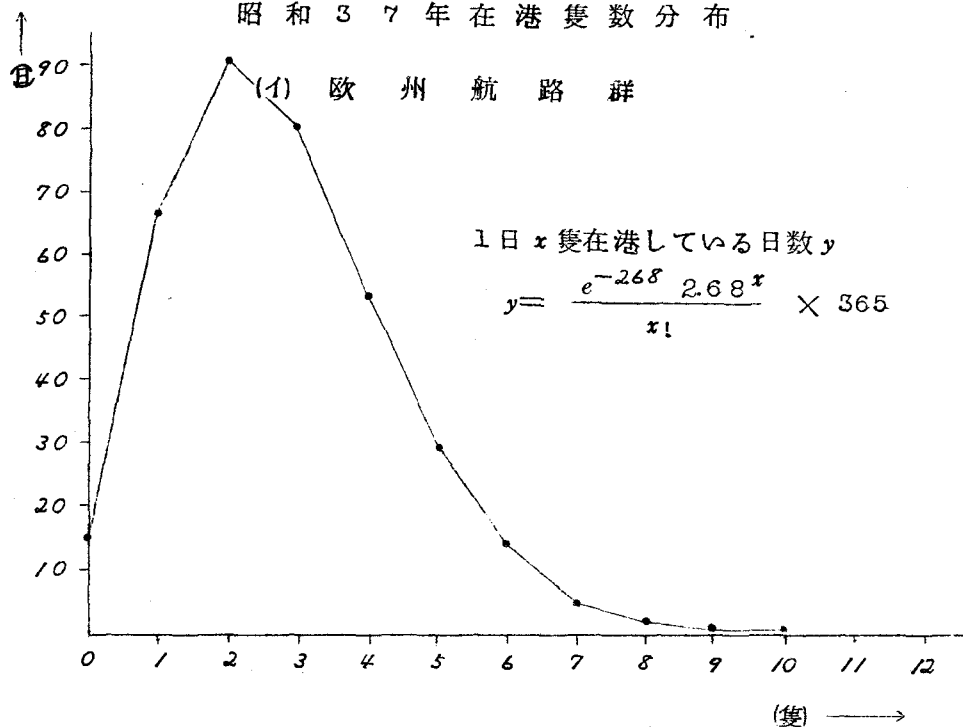
で表わされる。年間について在港隻数の分布を図示したのが図2-1・12の図である。

神戸港における現在までの作業では、入港隻数分布が正確に得られないので、それは在港隻数分布にしたがうものと仮定して推論を進めてきたのであるが、入港隻数分布および在港時間分布が既知あるいは推定されていれば、以下のようにしても在港隻数分布を求めることができる。

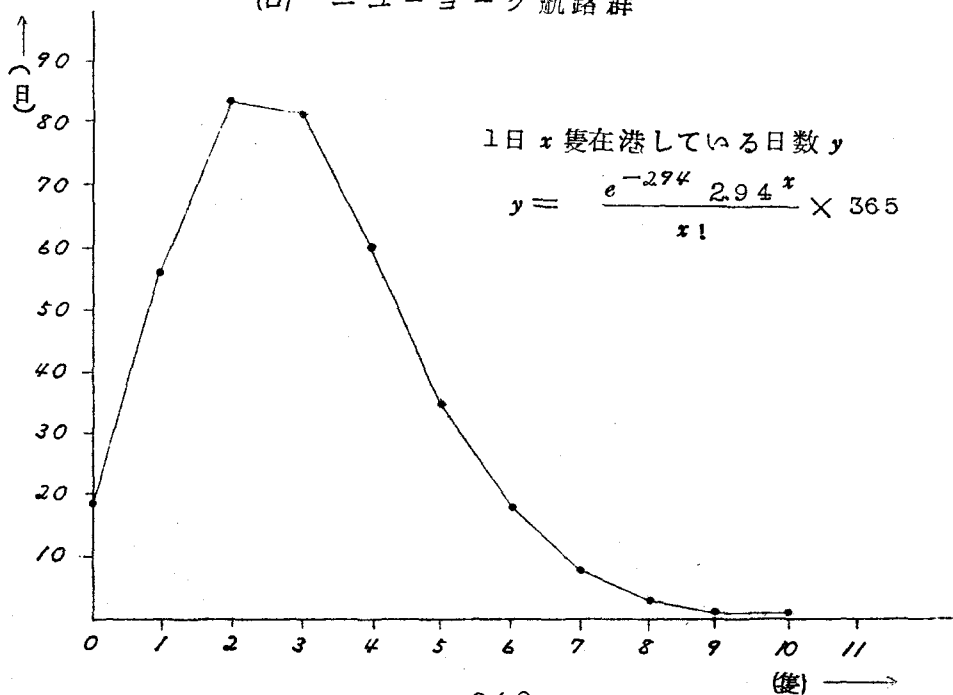
いま*i*日の在港隻数を $X_i$ とし、*j*日の入港隻数を $Y_j$ 、在港時間を日単位としてその分布を $f(t)$ とすれば、期待値的には、

図 2-1・12

昭和 37 年在港隻数分布

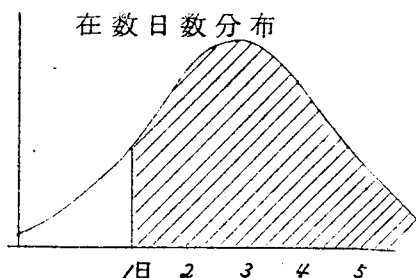


(ロ) ニューヨーク航路群



$$X_i = Y_i + Y_{i-1} \int_0^{\infty} f(t) dt + Y_{i-2} \int_0^{\infty} f(t) dt + \dots + Y_{i-k} \int_0^{\infty} f(t) dt + \dots$$

と考えられる。ここに、 $\int_0^{\infty} f(t) dt = W_n$ であつて、在港日数の超過確率をあらわす。これは、ある日の在港隻数はその日の入港隻数と前日入港隻数に右図ハッチ部分を乗じたもの、すなわち前日入港船のうち、続いているこつ



ている隻数、および前前日さらに前前日といった具合に入港した船のなおいのこつている隻数の和を考えていることを示している。月間あるいは、年間を累計すれば、

$$\sum X_i = \sum Y_i + W(1) \sum Y_{i-1} + W(2) \sum Y_{i-2} + \dots + W(k) \sum Y_{i-k} + \dots$$

ある長期間、すなわち始めおよび終りの影響がおよぶ過渡的状态を除いた定常状態を考えれば、

$$\sum Y_i = \sum Y_{i-1} = \dots = \sum Y_{i-k} = \dots$$

と考えられるから

$$\sum X_i = \sum Y_i \{ 1 + W(1) + W(2) + \dots + W(k) + \dots \}$$

在港時間の超過確率の和  $\{ 1 + \sum_{n=1}^{\infty} W(n) \}$  を  $C$  とすると、

$$\sum X_i = C \sum Y_i \quad \therefore \bar{X} = C \bar{Y}$$

また、

$$\sigma_X^2 = \sigma_Y^2 \{ 1^2 + (W(1))^2 + (W(2))^2 + \dots + (W(k))^2 + \dots \}$$

すなわち、平均在港隻数は平均入港隻数に常数  $C$  を乗じたもの、また在港隻数の分散 ( $\sigma_X^2$ ) は入港隻数の分散 ( $\sigma_Y^2$ ) に在港時間超過確率の自乗の和

を乗じたものとなり、在港隻数が正規分布をする場合の在港隻数分布を求めることもできる。神戸港では前述のように在港隻数の分布がポアソン分布をしていることを知つたが、離散型分布は階乗の計算を含んでいるので面倒である。確率紙などの使用の便から、後述したように定常状態を仮定して、近似的に連続分布の取り扱いをする方が便利であり、このように問題を単純化しても推論の過程に大きなあやまちをおかすものではないと思う。

#### 8) 所要バース数の推定

§ 3 の 1) で述べたように、港湾施設建設への基本的な考え方は、国民経済的観点から行なうことが要請される。それは過大なバース数は、遊休バースの建設およびその維持管理に、国民が無駄な費用を投ぜしめられる結果となる。逆にバース数の不足は、入港船にいわゆるバース待ちと称する不必要な出費、もしくは § 3 の 2) で述べたような貨物の不合理な荷役を余儀なくさせる。これらはいずれも国民経済の観点から損失である。このような損失の総和を最小ならしめるようなバース数のきめ方、それは国民の公共福祉の増進に最も寄与する港湾の施設の規模でもある。

入港した船、すなわちバースに接岸希望の在航船  $x$  隻は、でき得べくんば、接岸し得るだけのバース数  $S$  が欲しい。ここに、 $x > S$  の場合と、 $x < S$  の場合とが常に生じる。前者はいわゆるバース待ちの損失であり、後者はバースの遊休損失である。前節までの所論により、在港隻数分布型すなわち、 $x$  についての頻度分布は、式 2-1・18 および式 2-1・19 のようにわかっている。したがっていままでの知識から、上に述べた事柄を数学的な模型に表現してみると、次のようになる。

いま、バース遊休の損失を  $\alpha$  円、バース待ちの損失を  $\beta$  円とすれば、損失  $\phi$

は、

$$x < S \quad \text{では、} \quad c_1 = a (S - x)$$

$$x > S \quad \text{では、} \quad c_2 = b (x - S)$$

したがって損失の期待値は、連続関数とみなせば、

$$E(c) = a \int_0^S (S - x) f(x) dx + b \int_S^{\infty} (x - S) f(x) dx$$

となる。合理的なバース数は、この損失期待値を最小ならしめるものである。

このことは、才1編才5章の§4で述べた適正在庫量の模型にほかならない。

§8の手法を用いて、期待費用 $E(c)$ を最少ならしめる $S$ は、 $\frac{dE(c)}{dS} = 0$ とし

て、

$$\int_0^S f(x) dx = b / (a + b)$$

これより $S$ を求めることができる。 $a, b$ は、才1編で述べた手法を用いることによつて、つぎのように計算される。

(i) バース遊休の損失…………… $a$ 円(建設費利子・減価償却費その他の経費の1日分)。バースの建設費を一切を含めて12億円とし、施設の耐用年数を50年、利率を年7%とすれば、

$$a = 0.07 \times \frac{1}{365} \times 1,200,000,000 \times \frac{1}{365} = 238,000 \text{円/日}$$

$$= 240,000 \text{円/日} \dots\dots\dots (2-1 \cdot 20)$$

(ii) バース待ちをする場合の損失 $b_1$ 円。10,000%級外航定期貨物船の遊休損失は、船価130千円/GT耐用年限15年、残存価額は初期投資額の10% $i = 10\%$ とすると、%当り年費用は

$$C \cdot R = 117 \times \frac{0.13147}{100} + 13 \times 0.07$$

$$= 15,910 \text{ (千円)}$$

∴1日の費用は維持費(Demur rage)\$1,000/日として、

$$b_1 = 15,910 / 365 \times \frac{1,000}{10,000} + 360,000$$

$$=430,000+360,000=790,000\text{円/日}=800,000\text{円/日}$$

.....(2-1・21)

(iii) バース利用の利益----- $b_2$ 円, バースのあるときとないとを比較して, バースのあることによつて生じる利用1日当りの便益のすべてを金額で表わしたものから, バースを使用するための一日当りのすべての費用(バース遊休の損失に運転経費を加えたものに等しい)を差し引いた値である。この場合便益を解荷役料金1,150円/トンと経岸荷役料金530円/トンとの差額620円/トンとし, 船積量1,600トンの荷役をケースオ2, ケースオ3の場合とも, 大体2日にわたつて行なうものとする。またバースを一日使用するのに要する経費をバース遊休損失と運転経費の和, すなわち350,000円とすれば,

$$b_2=620 \times 1,600 / 2 - 350,000 = 146,000\text{円/日} \dots\dots$$

.....(2-1・22)

よつて所要バース数 $S$ は, 在庫理論の式を使つて,<sup>4)</sup> つぎのように求められる。すなわち,

$$\frac{b_1 + b_2}{a + b_1 + b_2} = \frac{946,000}{1,186,000} = 0.798 \dots\dots(2-1・23)$$

を求め, 一方図2-1・12と同じひん度曲線から,  $\sum_{x=0}^S P_x (x < S)$  の値をいろいろの $S$ の値について求め, 式(2-1・23)の値が $S$ の如何なるときに生じるかをみる。

欧州航路群	{	$S=3$ としたとき	$\sum_{x=0}^3 P_x (x < S) = 0.719$
		$S=4$ としたとき	$\sum_{x=0}^4 P_x (x < S) = 0.866$
ニューヨーク航路群	{	$S=3$ としたとき	$\sum_{x=0}^3 P_x (x < S) = 0.659$
		$S=4$ としたとき	$\sum_{x=0}^4 P_x (x < S) = 0.825$
		$S=5$ としたとき	$\sum_{x=0}^5 P_x (x < S) = 0.922$



よつて、式2-1・23の値は、欧州航路群、ニューヨーク航路群ともに3バースと4バースの間にあることが分かる。すなわち、両航路とも3バースでは不足であり、4バースあれば十分ということになる。

以上の計算は月末集中を除外せず、巨視的にまとめて取り扱っているが、月末集中が本質的には解消されるものではないことも考慮し、欧州航路群、ニューヨーク航路群ともに若干の余裕が計算上見込まれている結果となっている。この場合、5隻以上在港する確率を $\beta$ とすると、

$$\text{欧州航路群} \quad \beta = 0.134$$

$$\text{ニューヨーク航路群} \quad \beta = 0.175$$

となる。このくらいの船は、バース待ちをしなければならないことになる。ニューヨーク航路群536隻をそれぞれ4バースに接岸させて、かつ5隻以上が同時に在港する確率 $\alpha$ が0.05以下であるためには、それぞれの平均在港日数は何日以内でなければならないかを逆算することができる。

すなわち、

$$\sum_{x=0}^4 \frac{e^{-k} k^x}{x!} = (1 - \alpha) = 0.95 \quad \dots\dots\dots (2-1 \cdot 24)$$

を満足する $k$ は、 $k = 1.97$ 、これから平均在港隻数は、2隻/日以下であることが必要である。したがって各航路群の平均在港日数は、欧

$$\text{欧州航路群} \quad 1.83 \text{ 日以下}$$

$$\text{ニューヨーク航路群} \quad 1.34 \text{ 日以下}$$

となる。これは、現状でも、また近い将来でも、不可能なことである。

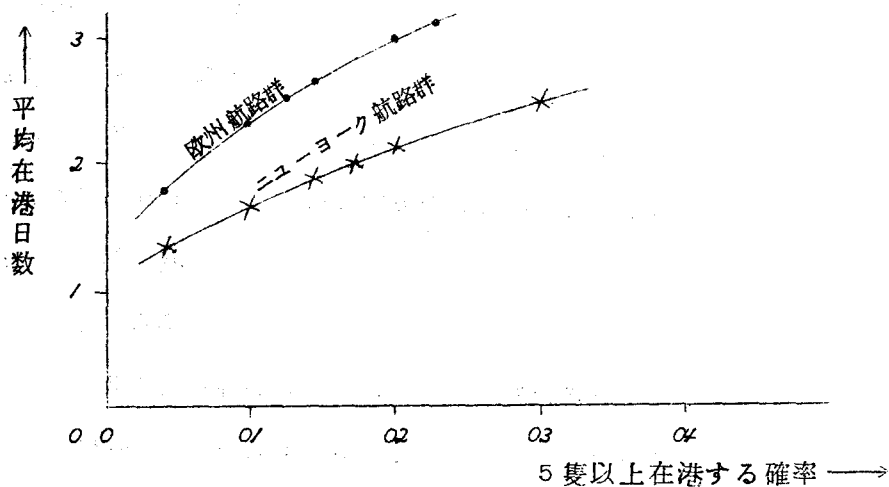
同様にして、 $\alpha = 0.10, 0.15, 0.20$ に対する平均在港日数を求めればつぎのごとくなる。

$S=4$  パース

表 2-1・34

航路群	$a$	0.05	0.10	0.15	0.20
	$k$	1.97隻	2.43隻	2.79隻	3.09隻
欧州航路群		1.83日	2.26日	2.60日	2.88日
ニューヨーク航路群		1.34日	1.65日	1.90日	2.10日

平均在港日数と、5隻以上在港する確率の関係



## § 6. 入港船のバース待ちおよび埠頭の経済的評価

前節では神戸港における各航路群の在港船舶の状態がラムダムであることに着目し、もしバース数を大目に設備した場合、船舶に対するサービスは十分であるが、多大の投資を行なつた岸壁施設の遊休の損失が大きくなるという観点から、多少の船舶のけい船待ちのため沖待ちはやむをえないとしたのである。この場合、前節の終わりに述べた沖にてバース待ちを行なう船舶側の状態はどうなるか。これを、同じく第1編において述べた待ち合わせ理論の模型から考察してみることとする。

いま、バース数を  $S$ 、入港船舶の到着けい岸してからの荷役時間は船の積荷の状態などに関係するが、それをラムダムであるとする。また、入港時間間隔とバースにおけるサービス時間分布は、いずれも指数分布に従うものとする。このような仮定について、今後の研究において吟味しなければならないが、一般交通現象によく見られる現象であり、また § 2 の 4) に述べたことから、問題の本質をあやまつものではないと思う。また、入港船は割り当てられた航路別埠頭の中で先着順にバースにけい岸するものとして考える。よその埠頭に着岸するか、立去らねばこの仮定は成立する。時刻  $t$  においてけい岸中の船とバース待ちをしている船舶の数、すなわち在港船舶の数を  $x$  として、その確率を  $P_x(t)$  とすることは、前節までと同様である。もちろんバースが空けば、直ちにバース待ちをしている船はけい岸可能であるから、 $x < S$  ならば  $x$  はすべてけい岸中であり、 $x \geq S$  ならば  $x$  は  $S$  バースで、~~遊船~~<sup>4)</sup> ない  $t$  を単位時間(例えば1日)に~~よって~~<sup>とれは</sup>  $P_x(t=1) = P_x$  は次式であらわされる。

$$\left. \begin{aligned} P_x &= \frac{1}{x!} \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^x P_0, & x < S \\ P_x &= \frac{S^S}{S!} \left( \frac{\lambda}{S\mu} \right)^x P_0, & x \geq S \end{aligned} \right\} \quad (2-1 \cdot 25)$$

ここでは、 $\lambda$  は単位時間当り(たとえば1日)の平均入港隻数、 $\mu$  は単位時間当りの平均サービス隻数である。 $\sum_{x=0}^{\infty} P_x = 1$  であるから、

$$\begin{aligned} P_0 &= \left\{ \sum_{x=0}^{S-1} \frac{1}{x!} \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^x + \sum_{x=S}^{\infty} \frac{S^S}{S!} \left( \frac{\lambda}{S\mu} \right)^x \right\}^{-1} \\ &= \left[ \sum_{x=0}^{S-1} \frac{1}{x!} \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^x + \left\{ \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^S / \{ S! (1 - \lambda / \mu S) \} \right\} \right]^{-1} \\ &\dots\dots\dots (2-1 \cdot 26) \end{aligned}$$

式 2-1・26 を式 2-1・25 に代入すれば、バース数  $S$  の場合の入港船舶の待ち合わせ行列の確率を求めることができる。サービス係数を  $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$  とおくと、バース数  $S$  の場合には、 $\frac{\lambda}{S\mu} = \frac{\rho}{S} < 1$  でなければならない。入港船

がサービス待ちをしなければならない確率は、バースがフルバースである確率の和であるからこれを  $P(>0)$  とすれば、上の2式より、

$$\begin{aligned}
 P(>0) &= \sum_{x=s}^{\infty} P_x \\
 &= \left\{ (\lambda/\mu)^s / [S! (1 - \lambda/\mu S)] \right\} \times \\
 &\quad \left\{ \sum_{x=0}^{s-1} (\lambda/\mu)^x / x! + \sum_{x=s}^{\infty} \frac{S^x}{S!} (\lambda/\mu S)^{x-s} \right\} \\
 &= P_0 \left\{ \rho^s / S! (1 - \rho/S) \right\} \dots \dots \dots (2-1 \cdot 27)
 \end{aligned}$$

また興味のあるものは、バースを待つている時間と荷役を行なっている時間との和が、ある与えられた時間  $t$  よりも大きくなる確率である。この確率を  $P(>t)$  であらわし、これを一般の場合について考えると、次のように解かれる。

$$\begin{aligned}
 P(>t) &= 1 - \left\{ \begin{array}{l} \text{施設が } t=0 \text{ で} \\ \text{役立ちうる確率} \end{array} \right\} \times \left\{ \begin{array}{l} \text{サービスが } t \text{ で} \\ \text{完了する確率} \end{array} \right\} \\
 &\quad - \int_{\tau=0}^t \left\{ \begin{array}{l} \text{施設が } \tau \text{ と } \tau + d\tau \text{ の間} \\ \text{で始めて役立ちうる確率} \end{array} \right\} \times \left\{ \begin{array}{l} \text{サービスが } (t - \tau) \text{ 間で完} \\ \text{了する確率} \end{array} \right\}
 \end{aligned}$$

ここで、

$$\begin{aligned}
 \left\{ \begin{array}{l} \text{施設が } t=0 \text{ で} \\ \text{役立ちうる確率} \end{array} \right\} &= 1 - P(>0) \\
 \left\{ \begin{array}{l} \text{サービスが } t \text{ で} \\ \text{完了する確率} \end{array} \right\} &= 1 - e^{-\mu t} \\
 \left\{ \begin{array}{l} \tau \text{ で始つたサービスが} \\ t \text{ で完了する確率} \end{array} \right\} &= 1 - e^{-\mu(t-\tau)} \\
 \left\{ \begin{array}{l} \text{施設が } \tau \text{ と } \tau + d\tau \text{ の間} \\ \text{で始めて役立ちうる確率} \end{array} \right\} &= \frac{d[1 - P(\tau)]}{d\tau}
 \end{aligned}$$

この場合、 $P(\tau)$  は  $t=0$  から  $\tau$  の間で役立ちうる施設のない確率であつて、つぎのようにして求める。

$$\begin{aligned}
 P(\tau) &= \left[ \sum_{k=0}^{\infty} (S+k \text{ 単位が } t=0 \text{ で系中にある確率}) \right] \\
 &\quad \times (k \text{ 単位が } \tau \text{ までにサービスの終る確率})
 \end{aligned}$$

上式中、〔 〕中の量は  $P_x = P_0 (\lambda/\mu)^x / S! S^{x-S}$ , ( $x \geq S$ ) から求められ、また  $P_0$  の量はポアソン分布により得られる。それゆえ、

$$\begin{aligned} P(\tau) &= \left[ \sum_{x=S}^{\infty} P_0 (\lambda/\mu)^x / S! S^{x-S} \right] e^{-\mu S \tau} + \left[ \sum_{x=S+1}^{\infty} P_0 (\lambda/\mu)^x / S! S^{x-S} \right] \\ &\quad \frac{\mu S \tau}{1!} e^{-\mu S \tau} + \left[ \sum_{x=S+2}^{\infty} P_0 (\lambda/\mu)^x / S! S^{x-S} \right] \frac{(\mu S \tau)^2}{2!} e^{-\mu S \tau} + \dots \\ &= \left\{ e^{-\mu S \tau} P / S! (\lambda/\mu)^S \right\} \left[ 1 + \lambda \tau + \frac{(\lambda + \tau)^2}{2} + \dots \right] \sum_{x=S}^{\infty} (\lambda/\mu)^x \\ &= e^{-(\lambda - \mu S) \tau} P(>0) \end{aligned}$$

$$\therefore P(>t) = 1 - (1 - P(>0)) (1 - e^{-\mu t}) - \int_0^t \frac{d(1 - P(\tau))}{dt} (1 - e^{-\mu(t-\tau)}) dt$$

これを解くと、次式が得られる。

$$P(>t) = e^{-\mu t} \left[ 1 + \frac{P(>0)}{S} \frac{1 - e^{-\mu t S} [1 - (\lambda/\mu S) - (1/S)]}{1 - (\lambda/\mu S) - (1/S)} \right] \dots \dots \dots (2-1 \cdot 28)$$

$t$  と  $(t + \Delta t)$  の間の時間を並んで待つこととサービスをうけることに費す確率は、

$$\frac{-d[P(>t)]}{dt} \Delta t$$

であるから、系における平均待ち時間は、

$$\int_0^{\infty} -t \frac{d[P(>t)]}{dt} dt = \bar{t}_w + \frac{1}{\mu}$$

となる。ここで  $\bar{t}_w$  は並んで待つのに費される平均待ち時間、 $1/\mu$  は平均サービス時間、ここでは、平均荷役のためのけい船時間である。この方程式を  $\bar{t}_w$  について解けば、複数バースからなる埠頭の場合の入港船の平均待ち時間  $\bar{t}_w$  が次式で与えられる。

$$\begin{aligned} \bar{t}_w &= \frac{P}{\mu S (S!) [1 - (\lambda/\mu S)^2]} \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^S \\ &= P(>0) / [\mu S (1 - P/S)] \dots \dots \dots (2-1 \cdot 29) \end{aligned}$$

また、待ち時間がある値をこすと困まることが起こる。たとえば、待たされている船がある時間  $t_w$  以上待たされるとき、バース待ちをしなくなり、沖荷役を始めるか、折角改良された接岸タリフが乱されてくることも予想さ

れる。このとき、 $P(>t_w)$ を知る必要があるが、先着順にサービスがなされる場合、次式が誘導されている。<sup>37)</sup>

$$P(>t_w) = P(>0) e^{-(1-\lambda/\mu S)\mu S t_w} \dots (2-1.30)$$

このように、 $P(>0)$ は待ち合わせ理論では、重要なインデックスであり、この値がわかると、式2-1.28、2-1.29および2-1.30から $P(>t)$ 、 $\bar{t}_w$ 、 $P(>t_w)$ がそれぞれ計算される。

$\rho/S$ の値を0.9、0.8、0.7、0.6にとり、それぞれの $\rho/S$ に対し式2-1.27を計算すれば、入港船がバース待ちをしなければならない確率 $P(>0)$ が求まり、また式2-1.28から平均バース待ち時間が計算できる。そして現在けい船荷役中のものを含めた平均バース待ち隻数が求められる。平均バース待ち隻数を縦軸にとつて両者の関係を示したのが図2-1.13である。つぎに平均1日の入港隻数を $\lambda=1.5$ および2.0、バース数を $S=3$ および4にとつて、 $\rho/S$ と平均サービス隻数 $\mu$ との関係を求めたものが図2-1.14である。

摩耶埠頭1バース1日当りの費用は式2-1.20から24万円である。また船舶1隻1日当りの費用は80万円で、1隻1日接岸し得る利益は14万6千円、その和を今近似的に94万6千円とすれば、1日平均0.25隻滞船するようにバース数を選べば、1日の埠頭1バースの費用とバランスがこれもつとも経済的と考えられる。図2-1.13から、このときの $\rho/S$ を求めると、 $\rho/S=0.75$ となる。つぎに $\rho/S=0.75$ に対応する $\mu$ の値を図2-1.14から計算すると、表2-1.35のようになる。すなわち $S=4$ バース、平均入港隻数=1.5隻のときは、1バース1日当り0.5隻の船に対して荷役取り扱いをすればよいことになる。

図 2-1・13

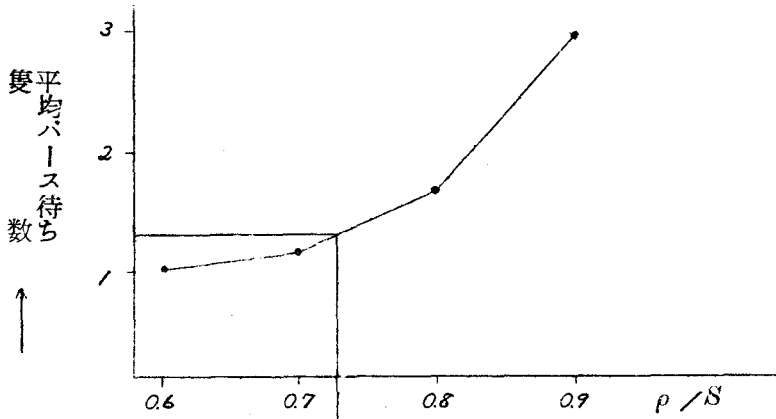


図 2-1・14

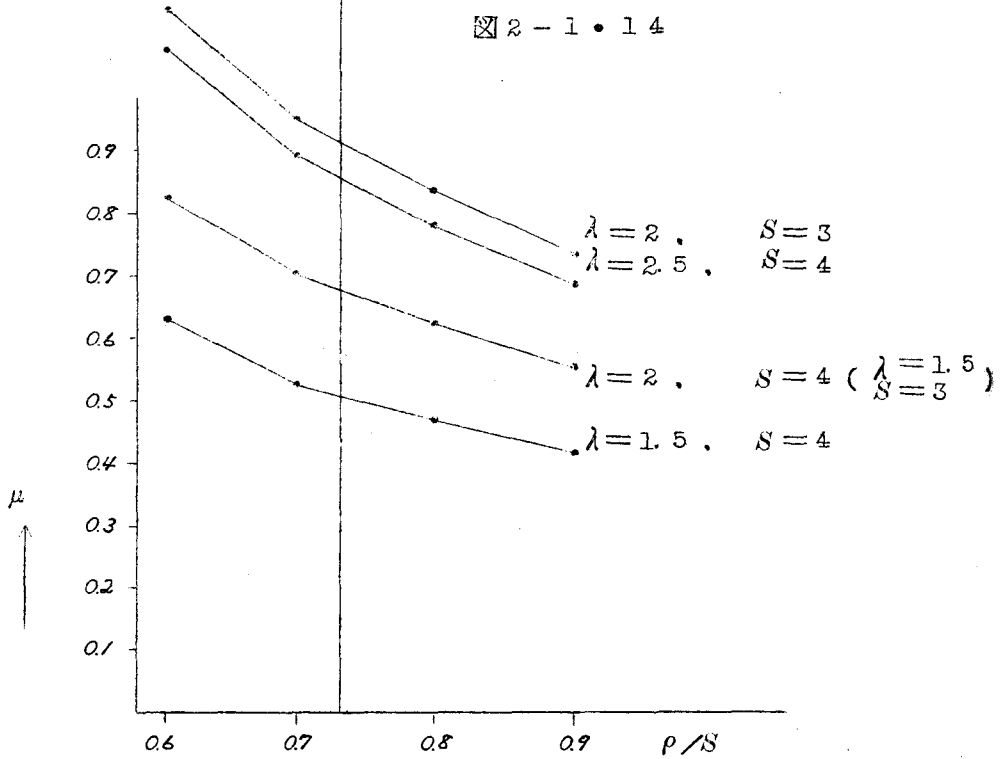


表 2-1・35

$S$	$\lambda$	$\mu$
3	1.5	0.69
3	2	0.91
4	1.5	0.50
4	2	0.69

さらに、このようなとき、バース待ちをしている船の行列の状態はどうであらうか。

バース待ちをしている単位の平均隻数  $L_q$  とけい岸している単位の平均数  $\bar{X}_s$  を求めると、次式のようになる。

$$\sum_{x=q}^{\infty} L_q = \sum_{x=S+1}^{\infty} (x-S) P_x$$

この  $P_x$  に式 2-1・25 の下の式を入れると、

$$\begin{aligned}
 &= \sum_{x=S+1}^{\infty} (x-S) P_0 \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^x \frac{\lambda^S}{S! S^{x-S}} \\
 &= \frac{P_0}{S! \mu S \left( 1 - \frac{\lambda}{\mu S} \right)^2} \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^S = \bar{t}_w \lambda \dots \dots \dots (2-1・31)
 \end{aligned}$$

また

$$\begin{aligned}
 \bar{X}_s &= \sum_{x=0}^S x P_x + \sum_{x=S+1}^{\infty} S \cdot P_x = \sum_{x=0}^S x P_0 \frac{(\frac{\lambda}{\mu})^x}{x!} + \sum_{x=S+1}^{\infty} \frac{(\frac{\lambda}{\mu})^x}{S! S^{x-S}} S P_0 \\
 &= \frac{\lambda}{\mu} \dots \dots \dots (2-1・32)
 \end{aligned}$$

よつて系の中にある単位の平均隻数  $L$  は、

$$L = \bar{X}_s + L_q = \lambda \left( \bar{t}_w + \frac{1}{\mu} \right) \dots \dots \dots (2-1・33)$$

これは系における平均待ち時間に平均入港隻数を乗じたものである。並んで待つているものが  $q$  以上である確率を  $Q(\geq q)$  とすると、この確率はつぎのようにあらわされる。



$$\begin{aligned}
 Q(\geq q) &= \sum_{x=q+S}^{\infty} P_x = \sum_{x=q+S}^{\infty} P_0 \frac{(\lambda/\mu)^x}{S! S^{x-S}} \\
 &= \sum_{x=S}^{\infty} P_0 \frac{(\lambda/\mu)^{x+q}}{S! S^{x+q-S}} = \left(\frac{\lambda}{\mu S}\right)^q \times P(>0) \dots\dots \\
 &\dots\dots\dots (2-1.34)
 \end{aligned}$$

$P(>0)$  と  $L_q$  との関係は、式 2-1.27 と式 2-1.31 とから、

$$P(>0) = L_q \left[ \frac{S - \lambda/\mu}{\lambda/\mu} \right] \dots\dots\dots (2-1.35)$$

並んで待つている平均待ち時間  $\bar{t}_w$  は、式 2-1.31 と式 2-1.35 とから

$$\bar{t}_w = P(>0) / [\mu(S - \lambda/\mu)]$$

と求められるが、これは式 2-1.29 と同じである。

式 2-1.27 で示されている  $P(>0)$  の値は、 $S$  をパラメータにとり  $\lambda/\mu$  の関数として、図 2-1.15 のように与えられる。

また図 2-1.16 は、 $\lambda/\mu S$  をパラメータにとり、任意の  $t_w$  の関数として、式 2-1.30 に示される  $P(>t_w)$  の値を計算図表として示したものである。また図 2-1.17 は、同じく  $\lambda/\mu S$  をパラメータにとり、 $S$  の関数として、式 2-1.29 の  $\bar{t}_w$  を求めるようにしてある。ただしこの場合、(イ) はサービス時間が指数分布に従う場合である。

参考までにサービス時間が一定の場合を(ロ)に示してある。このような図表が得られると、制約条件の変化に対して、適正バース数の計算ができ、選択されたバース数に対して、船のバース待ちに関するいろいろの情報を事前によく知ることができる。

前節の諸論から、いま 1 日平均入港隻数を  $\lambda = 1.5$ 、1 バース当りのけい船隻数を  $\mu = 1/2 = 0.5$  とすれば、 $\rho = \lambda/\mu = 1.5/0.5 = 3$  を得る。

図 2-1・15

$P(\lambda > 0)$  を求める図表

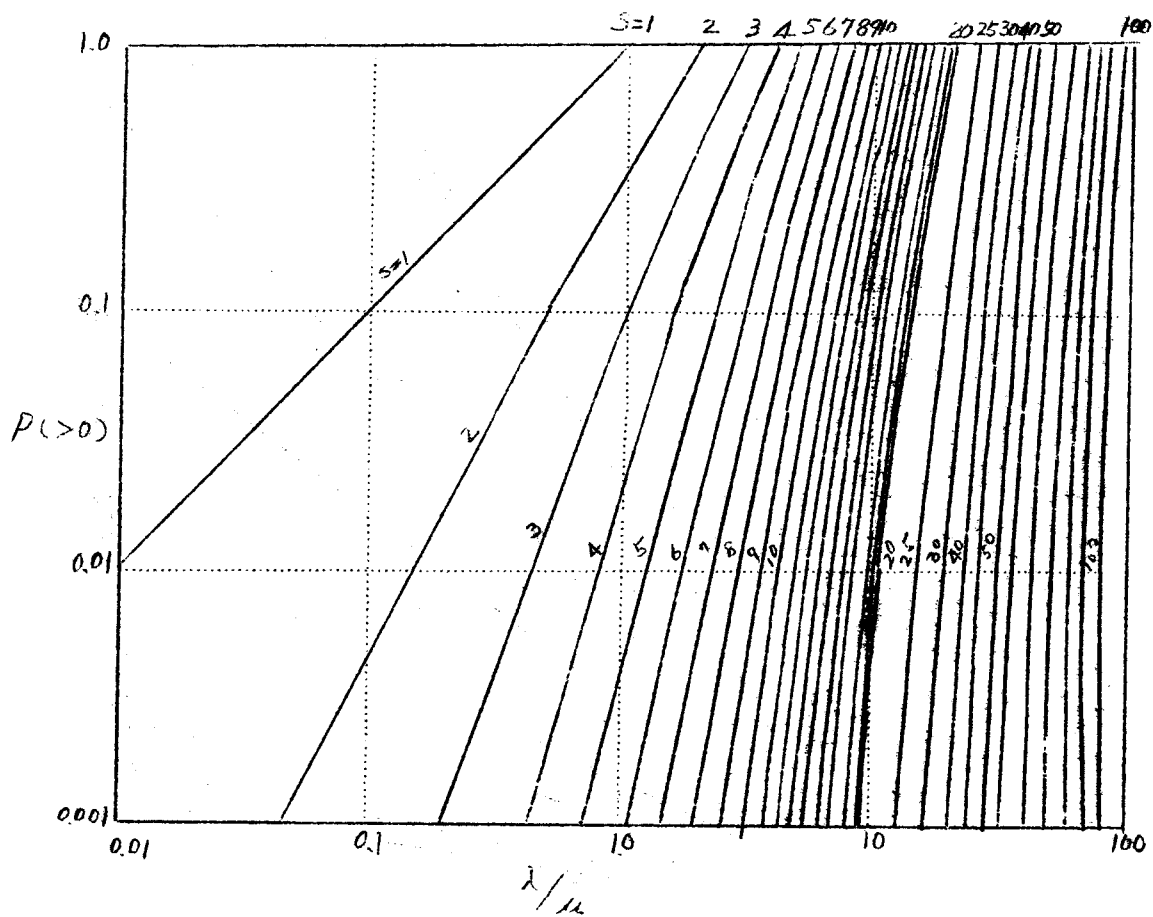
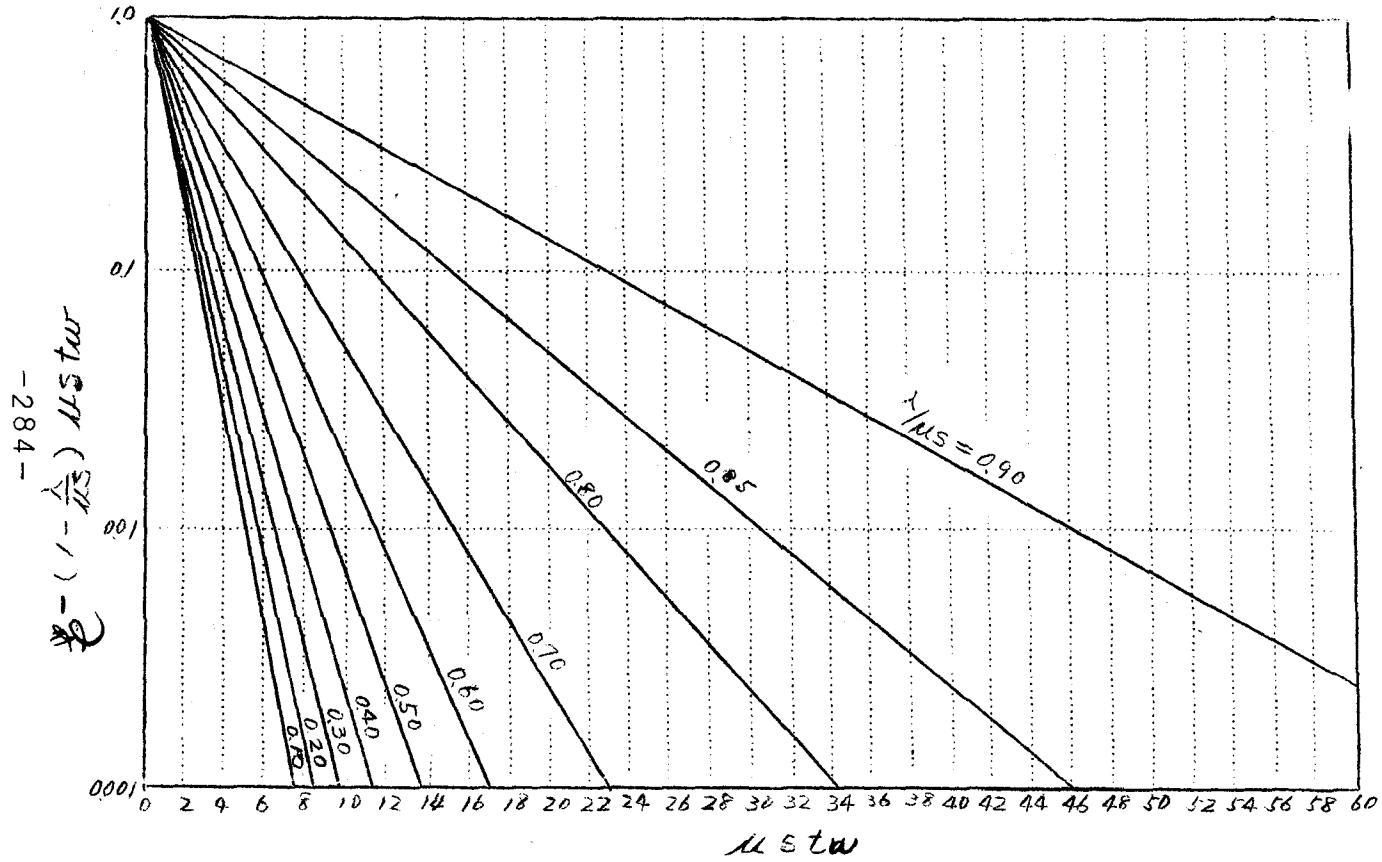
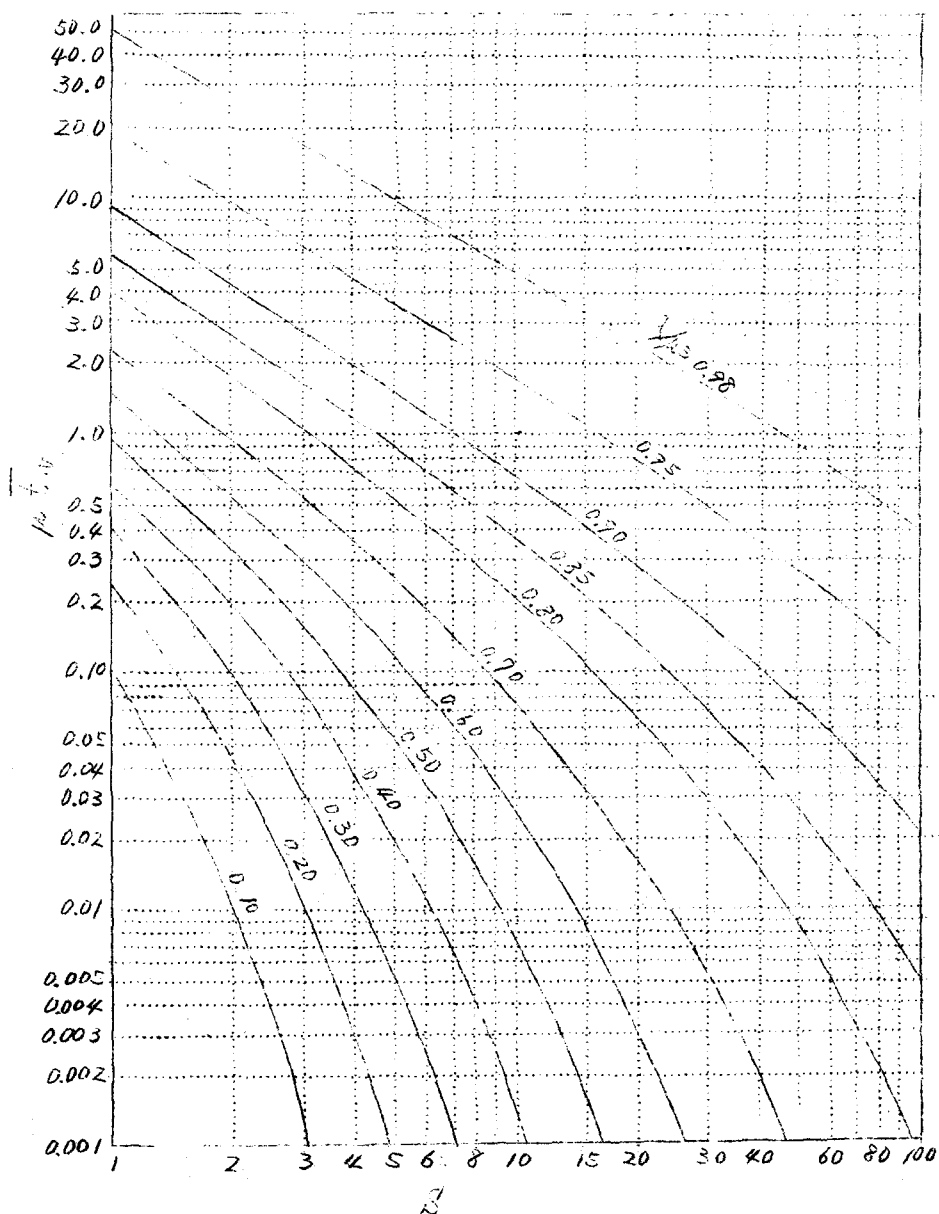


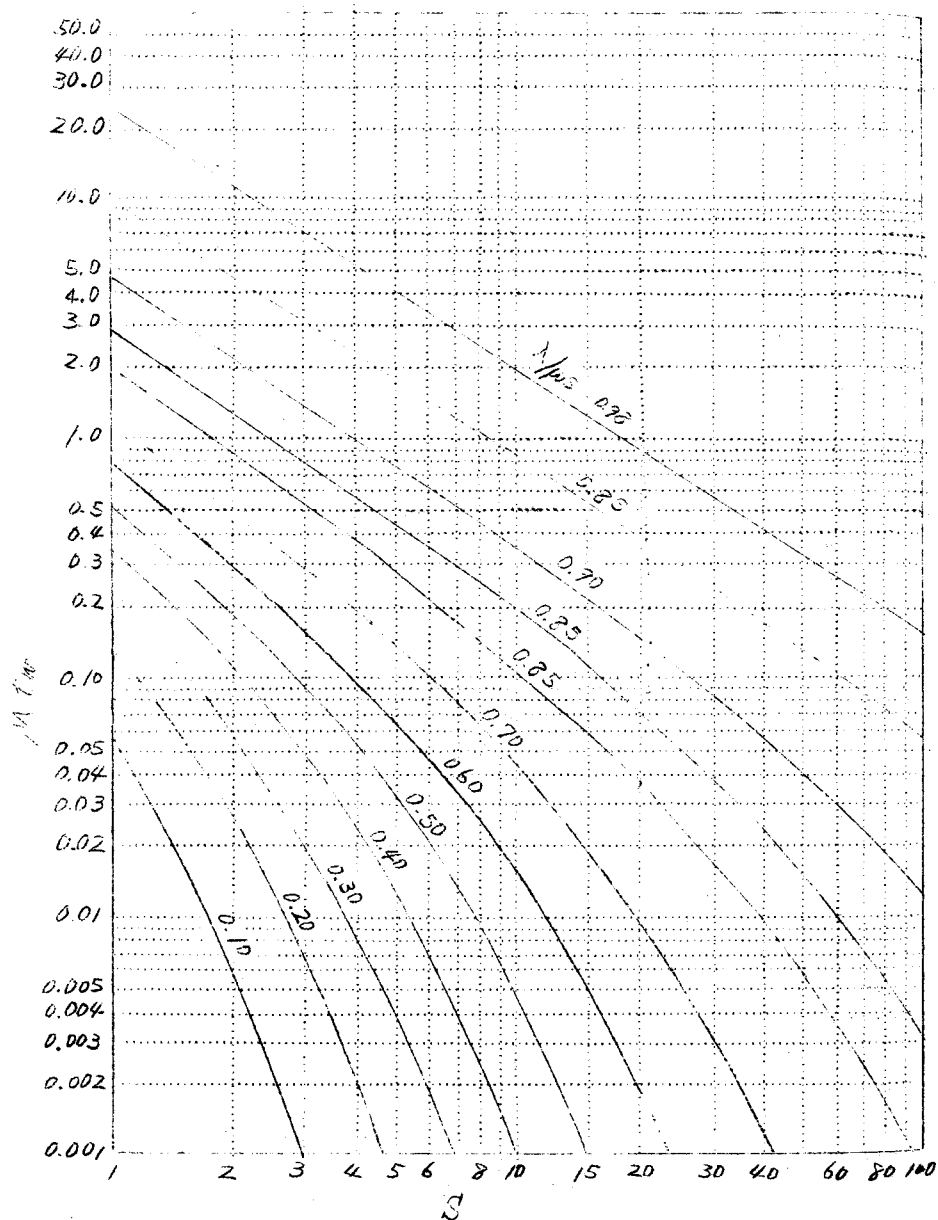
図 2-1-18  $e^{-(1-\frac{\lambda}{NS})} NS tw$ を求める図表



(イ) けい船時間が指数分布に従う場合に  $t_w$  を求める図表



(ロ) げい船時間が一定の場合に  $\bar{t}_w$  を求める図表



この値を用いて、図 2-1・15 から、 $P(>0)$  の値は簡単に  $S=4$  のとき 0.5、 $S=5$  のとき 0.25 と求められる。式 2-1・29 から系の入港船の平均バース待ち時間は、

$$S=4 \text{ のとき、 } \bar{t}_w = 0.5 / 0.5 \times 4 (1 - 3/4) = 1$$

$$S=5 \text{ のとき、 } \bar{t}_w = 0.25 / 0.5 \times 5 (1 - 3/5) = 0.25$$

これは、図 2-1・17(イ)からも直接に求められる。

航路別に割当てたバースの数を  $S$  とすれば、すでに述べたように、バースが 1 日利用されない損失額は 24 万円 / 1 バースであつた。一方、船の方の損失は 1 日 1 隻 80 万円で、バースにけい船する料金の軽減は 1 日当り 14 万 6 千円 / 1 隻であつたから、1 日 1 バースに対して、0.25 隻が対応する。すなわち、4 バースに対しては、1 日 1 隻を、5 バースに対しては、1 日 1.25 隻、すなわち 1 隻について 0.8 日バース待ちをさせる計画が経済的であるということになる。しかし 5 バースのときの経済的な待ち時間  $\bar{t}_w$  は、0.25 日であり、余裕があり過ぎる。このことから、4 バースという計画は、妥当なものといえる。このとき、バース待ちをしている船の隻数が平均 1 日 1.5 隻なることは、式 2-1・31 から容易にわかる。また接岸して荷役している船の隻数は式 2-1・32 から、 $A/\mu = 1.5 / 0.5 = 3$ 、すなわち 3 隻となり、前節の仮定した在港隻数と概ね一致する。このような場合に 3 バースに計画することは、 $\lambda/\mu = S$  となることから、図 2-1・15 から明らかのように、 $P(>0) = 1$  となり、入航船は必ず待つということになる。この場合の  $\bar{t}_w$  は、式 2-1・29 から無限に近くなり、どんなにバース待ちをしても、船がバースにけい船することが不可能となることが予想される。したがって 4 バース以上でなければならないということがいえる。

入港船が系全体で 1 日以上バース待ちをする確率  $P(>\bar{t}_w = 1)$  は図 2

$-1.16$  から  $0.6 \times 0.5 = 0.3$  , また  $P(> \bar{t}_w = 2)$  の場合は  $0.4 \times 0.5 = 0.2$  である。したがって入港船の  $30\%$  が  $1$  日以上 , その中  $20\%$  は  $2$  日以上バース待ちを余儀なくされる。しかし ,  $5$  バースにしても ,  $P(> \bar{t}_w = 1)$  は  $0.5 \times 0.5 = 0.25$  , また  $P(> \bar{t}_w = 2)$  のとき  $0.3 \times 0.5 = 0.15$  , すなわち入港船の  $25\%$  が  $1$  日以上 ,  $15\%$  は  $2$  日以上どつちみちバースで待ちを余儀なくされる。このことは , 現在でも , 図 2-1.10 にしめすように , 在港隻数が  $5$  隻以上のときがあることを考えれば , あえて不思議ではない。しかしこのことのゆえに , バースを多く持つ理由にはならない。  $1$  日以上の滞船数を  $10\%$  位におさめさせるためには , ニューヨーク航路についてだけで  $7$  バース保有しなければ不可能であることが , 図 2-1.16 からいえるのである。このようなことは , 国家的にみたら不経済なことである。しかしこのことの故に , バースの不足を訴える利用者の声が絶えず生じることを承知しておかねばならないし , それに対応する港湾管理者側の対策も考えておく必要がある。

いま , 入港船が漸次増加してきた場合を考える。しかし ,  $1$  隻のけい船時間の平均は変わらないものとする。  $\lambda = 3$  隻とすると , 年間入港隻数  $n$  が  $1,000$  隻を超える。これはニューヨーク航路について年間入港隻数が昭和  $37$  年に想定したもの約  $2$  倍である。  $\mu = 0.5$  隻として ,  $P(> 0)$  の値が  $0.5$  および  $0.3$  の値をとるような場合は , 図 2-1.15 から ,  $S = 8, 9$  のときである。  $S = 6$  では  $P(> 0) = 1$  で , 待ち時間は無限となる。前と同様に ,  $8$  バースに対しては  $1$  日  $2$  隻を , また  $9$  バースに対しては  $1$  日  $2.25$  隻を滞船させる計画が経済的である。この場合 ,  $1$  隻については , それぞれ  $0.5$  日および  $0.44$  日のバース待ち日数となる。一方 , 図 2-1.17 から ,

$$S=8 \text{ パースのとき } \lambda/\mu S=0.75, \quad \bar{t}_w=\frac{0.2}{0.5}=0.4$$

$$S=9 \text{ パースのとき } \lambda/\mu S=0.66, \quad \bar{t}_w=\frac{0.075}{0.5}=0.15$$

すなわち、8 パースが適当となる。このことは、入港船の増える割合に応じてパース数を増加させていくことが好ましいということがいえるのである。

もつともニューヨーク航路について、入港船が平均1日3隻になるというときには、海運状態は恐らく変わるのではないかと思われる。すなわち、1つの航路で1日平均3隻も入港するように、貨物の往来が激しくなれば、この航路について、超大型船の就航がひんばんとなることなどが当然考えられる。したがって、荷役時間や滞船状況なども、現在とは相当違ったものとなるであろう。この場合推論の仮定も当然再検討しなければならない。

以上述べたことを数学的に表現すれば、入港船のパース待ちをする1日の損失  $b_1$  円、1 パースの建設費・補修費の1日当り経費  $a$  円、けい船することによつて生じる利益  $b_2$  円がそれぞれ確定しているとき、経済的なパース数  $S$  は、1日平均入港数  $\lambda$  と1隻平均サービス時間  $1/\mu$  との積、すなわちサービス係数  $\rho$  の関数として示される。このことを、体系的に示すため、 $S$  をパラメーターとして、 $\rho$  の関数型になるように損失に関する総費用曲線を描き、それが最も小さい額となるような  $S$  を求めればよいことになる。

今、ある航路の年間入港隻数を  $n$  とすれば、系におけるパース待ち時間は  $n \bar{t}_w$ 、一方パースは年間  $n/\mu$  日稼働する。パースの稼働し得る総日数は  $365 S$  であるから、パース遊休時間は  $(365 S - n/\mu)$ 、したがって損失の費用の合計  $C$  は、

$$C = (365 S - \frac{n}{\mu}) S a + n \bar{t}_w b_1 - \frac{n}{\mu} b_2 \dots\dots\dots (2-1 \cdot 35)$$

となる。さらに損失費用と年間経費との比を  $C'$  とすると、

$$C' = \frac{C}{365 a} = S - \frac{n}{365 \mu} (S + \frac{b_2}{a}) + \frac{n}{365} \bar{t}_w \frac{b_1}{a}$$



$$\begin{aligned}
&= S^2 - \frac{\lambda}{\mu} \left( S + \frac{b_2}{a} \right) + \frac{b_1}{a} \lambda \bar{t}_w \\
&= S^2 - \rho \left( S + \frac{b_2}{a} \right) + \frac{b_1}{a} \lambda \bar{t}_w \dots\dots\dots (2-1 \cdot 36)
\end{aligned}$$

ここで、 $\bar{t}_w$  は式 2-1・29 または 図 2-1・17 から計算される。この  $\bar{t}_w$  を代入すると、式 2-1・36 は、

$$\begin{aligned}
C = S^2 - \rho \left( S + \frac{b_2}{a} \right) + \frac{b_1}{a} \cdot \frac{\rho^{S+1}}{(S-1)!(S-\rho)^2} \left\{ \sum_{n=0}^{S-1} \frac{\rho^n}{n!} + \right. \\
\left. + \frac{\rho^S}{(S-1)!(S-\rho)} \right\}^{-1} \dots\dots\dots (3-1 \cdot 37)
\end{aligned}$$

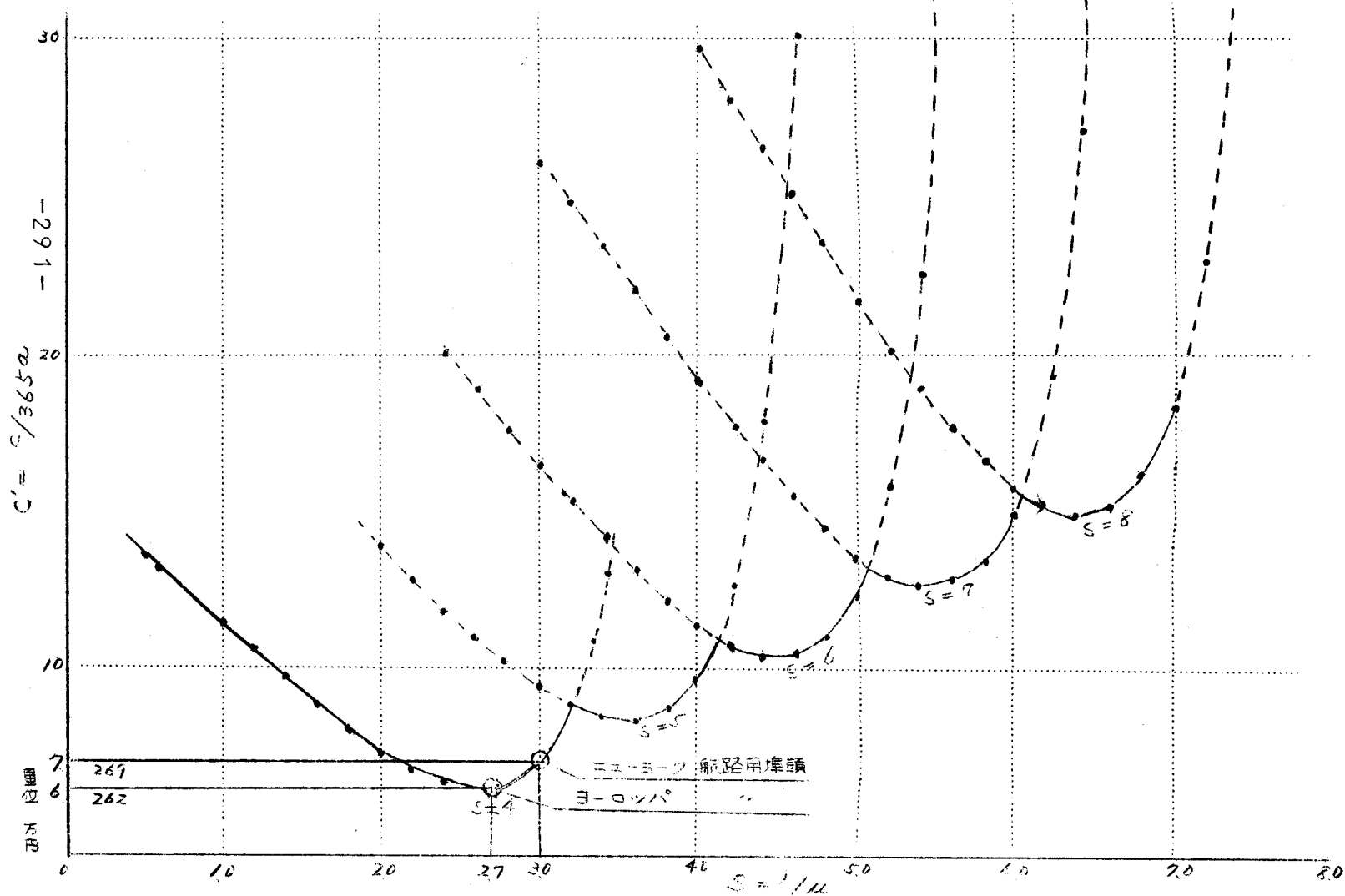
となる。ここに  $a=2.4$  万円/日、 $b_1=8.0$  万円/日、 $b_2=14.6$  万円/日であるから、 $S=4, 5, 6, 7$ 、および 3 バースの場合の総費用  $C$  の値はすなわち年間入港船隻数  $n$  と 1 隻当り在港日数  $\mu$  に対応して変わる  $n/\mu$ 、もしくは年間 1 日平均入港船隻数を用いて  $\lambda/\mu$  の値の変化に応じて、それぞれ表 2-1・36 のように計算される。図 2-1・18 はこのようにして計算して求めた値を図表化したものである。

このような総費用曲線を描いておけば、 $\lambda/\mu$  のいろんな変化に対応して適正なバース数を直ちに求めることができる。すなわち、 $\lambda=1.5$ 、 $\mu=0.5$ 、のニューヨーク航路専用の埠頭にあつては、 $\rho$  の値は 3 で、この場合 4 バースが適当であり、 $\lambda=1.08$ 、 $\mu=0.4$  のヨーロッパ航路専用埠頭にあつては、 $\rho$  の値は 2.7 であるから、同じく図 2-1・18 からこれまた 4 バースが最適計画であることが保証される。逆に 4 バース設置のときもつとも経済的な  $\rho$  の値は 2.6 で、このヨーロッパ航路の入港・在港状態が、これにほぼ概当する。ニューヨーク航路の埠頭は、前に述べたように、入港船が増加して、 $\rho=3.2$ 、すなわち  $\lambda=1.6$  になつたら、5 バースを必要とするに至ることは注目しておかねばならない。

しかしその増設の時期に 2 バース増加したら、 $\rho=5$  までのサービス系数

図 2-1-18

$\lambda/\mu$  の変化に対する経済的バース数 (表 2-1-35 参照)



を保有することになるので、 $\lambda = 2.5$ 、すなわち年間入港隻数900隻以上になるまで、経済的な埠頭機能を有することになる。前に述べたように、現在計画している入港隻数がさらに倍加した場合、すなわち $\rho$ の値が6になったときは、この図からは、 $S=7$ と $S=8$ の交叉点となつてゐる。正確には7バースであるが、8バースでもよいという、前の結論と同じものが得られる。このように本図は、埠頭の経済的評価を明示するとともに、将来の $\rho$  ( $=\lambda/\mu$ )の変化に対して適正な増設計画の指標を与える。

以上は、ニューヨーク航路およびヨーロッパ航路について、計算の便から近似値を用い、諸現象を解析的に求めた式と図表から考察したものであるが、前節および本節に述べたことは、いずれもつぎの仮定を満足する場合についてのみにあつてゐることであることを、特に注意する必要がある。すなわち、

- 1) 入港船の到着間隔はラムダムである。
- 2) バースにけい岸している時間分布は指数分布に従う。
- 3) 入港船は、系として考えている埠頭の各バースの空いているところに先着順に逐次けい船する。

実際には、月末集中などの現象により、1)などの仮定は成立しがたいのであるが、巨視的に考えれば、このような模型について、複雑な港湾の諸現象を解析することは、諸計画や諸対策を樹立する場合有用であることが十分に証明され得たと思う。

## § 7 バースの計画

### 1) 入港船の船型の現状

現在神戸港に寄港する定期船のうち、世界一周航路・欧州航路・ニューヨーク航路・米国太平洋岸航路および中近東航路に就航する代表的船舶377

表 2-1・36 総費用  $C'$  の計算値

$S = +4.0000000 \quad +00$		$C' = \frac{C}{365a}$	
	$+5.0000000 \quad -01$	$+1.3696693$	$+01$
	$+6.0000000 \quad -01$	$+1.3237051$	$+01$
	$+7.0000000 \quad -01$	$+1.2778424$	$+01$
	$+8.0000000 \quad -01$	$+1.2321317$	$+01$
	$+9.0000000 \quad -01$	$+1.1866367$	$+01$
	$+1.0000000 \quad +00$	$+1.1414343$	$+01$
	$+1.1000000 \quad +00$	$+1.0966167$	$+01$
	$+1.2000000 \quad +00$	$+1.0522928$	$+01$
	$+1.3000000 \quad +00$	$+1.0085901$	$+01$
	$+1.4000000 \quad +00$	$+9.6565714$	$+00$
	$+1.5000000 \quad +00$	$+9.2366710$	$+00$
	$+1.6000000 \quad +00$	$+8.8282217$	$+00$
	$+1.7000000 \quad +00$	$+8.4335864$	$+00$
	$+1.8000000 \quad +00$	$+8.0555461$	$+00$
	$+1.9000000 \quad +00$	$+7.6973907$	$+00$
	$+2.0000000 \quad +00$	$+7.3630434$	$+00$
	$+2.1000000 \quad +00$	$+7.0572231$	$+00$
	$+2.2000000 \quad +00$	$+6.7856620$	$+00$
	$+2.3000000 \quad +00$	$+6.5554050$	$+00$
	$+2.4000000 \quad +00$	$+6.3752160$	$+00$
	$+2.5000000 \quad +00$	$+6.2561490$	$+00$
<i>Min</i>	$+2.6000000 \quad +00$	$+6.2123670$	$+00$
	$+2.7000000 \quad +00$	$+6.2623420$	$+00$
	$+2.8000000 \quad +00$	$+6.4306450$	$+00$
	$+2.9000000 \quad +00$	$+6.7507230$	$+00$
	$+3.0000000 \quad +00$	$+7.2693400$	$+00$
	$+3.1000000 \quad +00$	$+8.0539730$	$+00$

+3.2000000	+00	+9.2057660	+00
+3.3000000	+00	+1.0883579	+01
+3.4000000	+00	+1.3352085	+01

+5.0000000 +00

+2.0000000	+00	+1.3916003	+01
+2.2000000	+00	+1.2881480	+01
+2.4000000	+00	+1.1889242	+01
+2.6000000	+00	+1.0955138	+01
+2.8000000	+00	+1.0100675	+01
+3.0000000	+00	+9.3557580	+00
+3.2000000	+00	+8.7632920	+00
+3.4000000	+00	+8.3872440	+00

<i>Min</i>	+3.6000000	+00	+8.3276610	+00
------------	------------	-----	------------	-----

+3.8000000	+00	+8.7507160	+00
+4.0000000	+00	+9.9548350	+00
+4.2000000	+00	+1.2536031	+01
+4.4000000	+00	+1.7883938	+01
+4.6000000	+00	+3.0165929	+01

+6.0000000 +00

+2.4000000	+00	+2.0228784	+01
+2.6000000	+00	+1.8967655	+01
+2.8000000	+00	+1.7716778	+01
+3.0000000	+00	+1.6505477	+01
+3.2000000	+00	+1.5337535	+01
+3.4000000	+00	+1.4227064	+01
+3.6000000	+00	+1.3192831	+01

+3.8000000	+00	+1.2260326	+01
+4.0000000	+00	+1.1465073	+01
+4.2000000	+00	+1.0858160	+01
+4.4000000	+00	+1.0515950	+01
+4.6000000	+00	+1.0558099	+01
+4.8000000	+00	+1.1183627	+01
+5.0000000	+00	+1.2750274	+01
+5.2000000	+00	+1.5972912	+01
+5.4000000	+00	+2.2518771	+01
+5.0000000	+00	+3.7388401	+01

+7.0000000 +00

+3.0000000	+00	+2.6269113	+01
+3.2000000	+00	+2.4796088	+01
+3.4000000	+00	+2.3342504	+01
+3.6000000	+00	+2.1914388	+01
+3.8000000	+00	+2.0519366	+01
+4.0000000	+00	+1.9167157	+01
+4.2000000	+00	+1.7870268	+01
+4.4000000	+00	+1.6645042	+01
+4.6000000	+00	+1.5513212	+01
+4.8000000	+00	+1.4504317	+01
+5.0000000	+00	+1.3659583	+01
+5.2000000	+00	+1.3038385	+01

<i>Min</i>	+5.4000000	+00	+1.2729570	+01
------------	------------	-----	------------	-----

+5.6000000	+00	+1.2872503	+01
+5.8000000	+00	+1.3699134	+01
+6.0000000	+00	+1.5626602	+01
+6.2000000	+00	+1.9488706	+01

+6.4000000	+00	+2.7230340	+01
+6.6000000	+00	+4.4685276	+01
+8.0000000 +00			
+3.0000000	+00	+3.8200897	+01
+3.2000000	+00	+3.6494433	+01
+3.4000000	+00	+3.4794835	+01
+3.6000000	+00	+3.3104424	+01
+3.8000000	+00	+3.1426103	+01
+4.0000000	+00	+2.9763480	+01
+4.2000000	+00	+2.8121034	+01
+4.4000000	+00	+2.6504331	+01
+4.6000000	+00	+2.4920316	+01
+4.8000000	+00	+2.3377711	+01
+5.0000000	+00	+2.1887591	+01
+5.2000000	+00	+2.0464192	+01
+5.4000000	+00	+1.9126095	+01
+5.6000000	+00	+1.7898023	+01
+5.8000000	+00	+1.6813605	+01
+6.0000000	+00	+1.5919811	+01
+6.2000000	+00	+1.5284348	+01
<i>Min</i> +6.4000000	+00	+1.5008600	+01
+6.6000000	+00	+1.5251680	+01
+6.8000000	+00	+1.6278525	+01
+7.0000000	+00	+1.8565707	+01
+7.2000000	+00	+2.3065990	+01
+7.4000000	+00	+3.2001970	+01
+7.6000000	+00	+5.2040687	+01

隻について調査した結果は、次のとおりである。

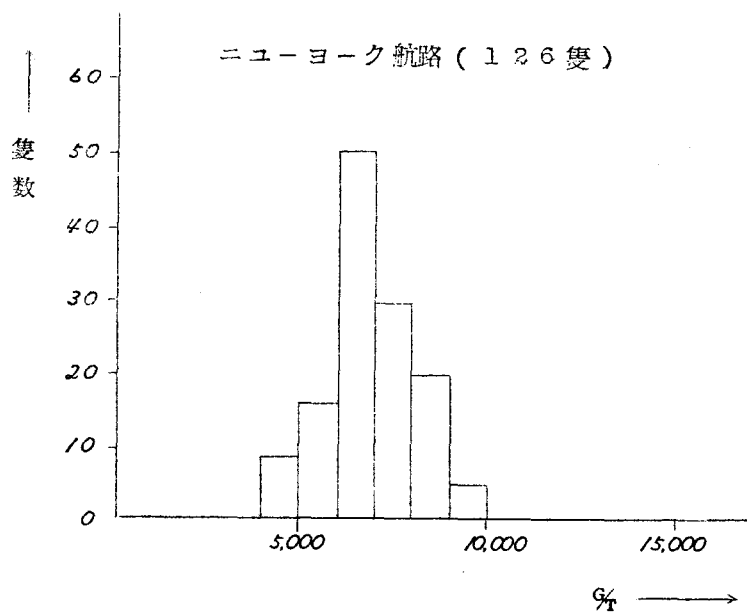
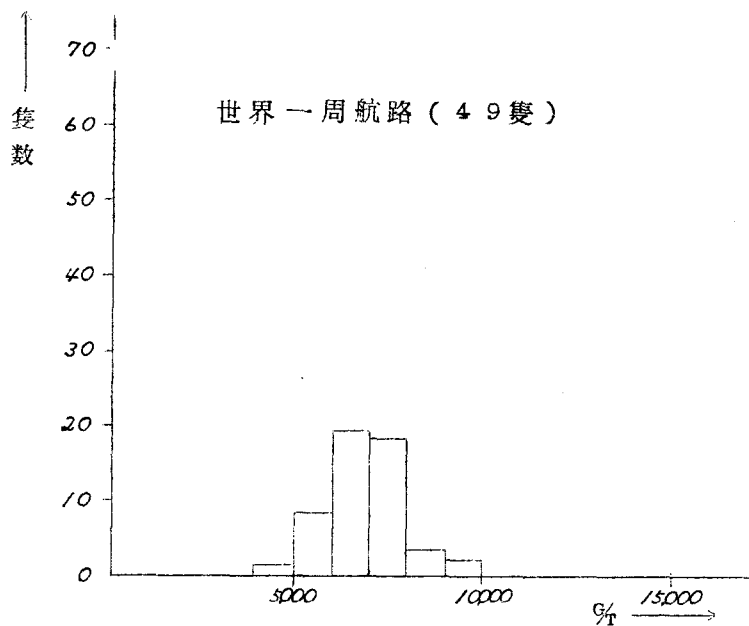
表 2-1・37 航路別船舶数

船型% \ 航路	世界一周	欧州・中近東	ニューヨーク	米国太平洋岸	計
4,000-5,000	1	1	8	—	10隻
5,000-6,000	8	4	16	—	28
6,000-7,000	18	21	49	2	90
7,000-8,000	17	65	29	16	127
8,000-9,000	3	33	20	12	68
9,000-10,000	2	23	4	9	38
10,000-11,000	—	9	—	—	9
11,000-12,000	—	—	—	—	—
12,000-13,000	—	—	—	2	2
13,000-14,000	—	3	—	—	3
14,000-15,000	—	—	—	—	—
15,000-16,000	—	—	—	2	2
計	49	159	126	43	377
船型の平均(%)	6,927	8,133	6,812	8,762	7,401

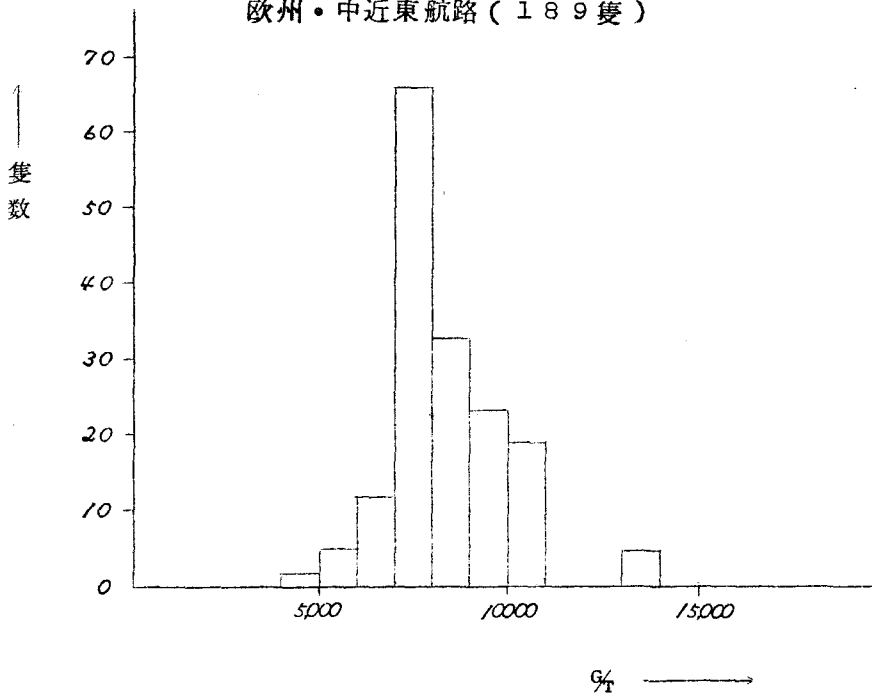
したがって大部分 7,000～8,000%級であり、10,000%以上のものは、大部分貨客船である。摩耶埠頭は雑貨輸出埠頭として計画されたものであるが、定期船を対象としたものであるから、貨客船でもこれを収容できなければならない。



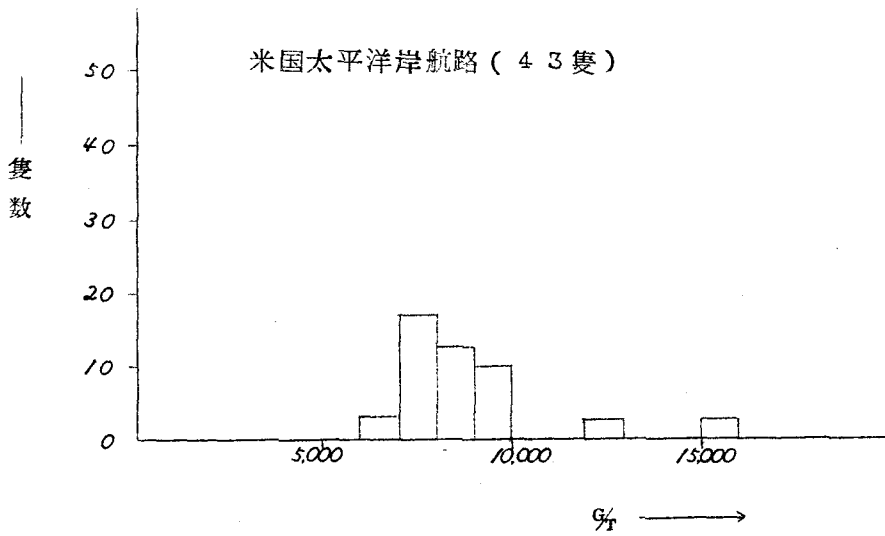
図 2-1・19 船 型 分 布



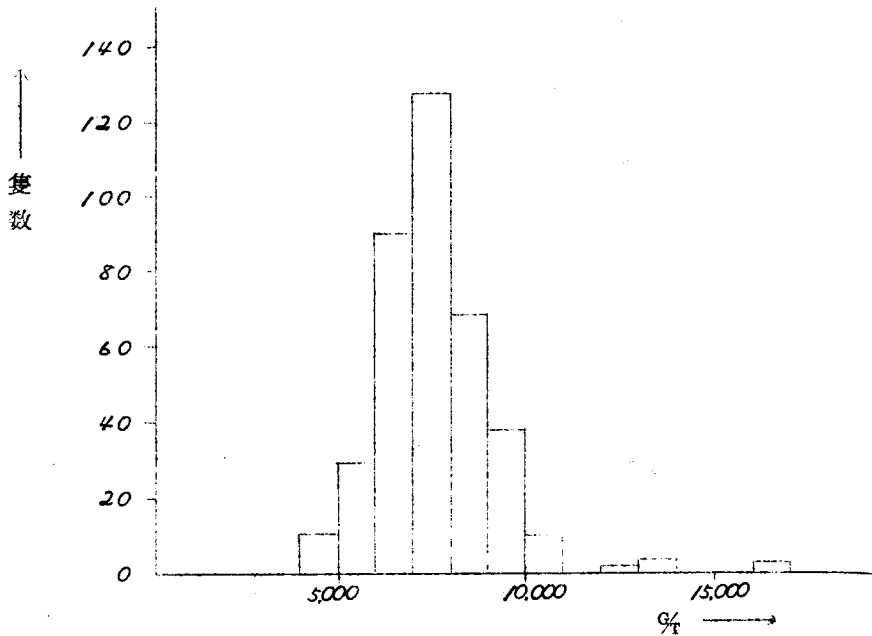
欧州・中近東航路 ( 189 隻 )



米国太平洋岸航路 ( 43 隻 )



合 計 ( 3 7 7 隻 )



このうち大型船の主なものの大きさは、船会社からの調査によれば、つぎのとおりである。

表 2-1・38

国名	船 名	総トン数	長さ	幅	吃水	速力	備 考
米	President Cleaveland	15,360	186	24	8.5 (満載時)	20	貨客船 米国太 平洋岸
"	President Wilson	15,360	186	24	8.5 (満載時)	20	
"	President Monroe	9,256	150	21	9	17	
"	President Jackson	9,215	172	23	9.1	20	Marine 型
英	Peleus	10,092	157	21	7		
"	Benlomond	10,355	154		9.1		
デ	Bendoran	10,460	154		9.1		
デ	Kambodia					15	

## 2) 将来の船型の一般的な予測

従来、航洋定期船は7,000～8,000tが最も経済的な船型であるとされてきた。船型大型化の傾向は、鉱石専用船やオイルタンカーなどばら荷専用船と不定期船に著しく、オイルタンカーでは、100,000DWT級の建造も始められている。また、客船にも大型化の傾向がある。これに反し、雑貨を中心とする一般定期船では5の5)で述べたように、船型の大型化を図るよりも、速力を増加させ、この面での競争をしようという傾向にあるといわれる。

将来、貨物船はますます専用化・特定化するであろうといわれ、雑貨船がスピードに特性を見出すようになることは、当然考えられることである。

この傾向を生んだものはマリン型(Marine)貨物船であるといわれ、7,000～10,000t級で17～20ノットの快速で航行している。現在各国ともこの線に追いつくべく努力しているが、今後はさらに速力の面での競争が行なわれるのか、船型の大型化を図るようになるのか、一概に予測することは困難である。

一部の型式を除いて、一度建造した埠頭の前面をさらに深く浚渫することは事前に考慮しておく場合を除いてほとんど不可能であるから、近視眼的な決定は慎まなければならない。しかし、船型の大型化の上限にも上述の経済性の制約のほか、つぎのごとき物理的な制約がある。

- (1) スエズ運河。 欧州航路と世界一周航路の定期船は、将来もスエズを通るものと思われる。スエズ運河は現在-35'まで浚渫されていると報じられているが、-33'のところもあるといわれている。将来エチオプトの手によつて-36'～-37'まで浚渫される計画があるので、スエズ運河による制限は-12mということになる。(船の幅や長さの制限は問題でない)。

(2) パナマ運河。 パナマ運河にはつぎのような制限がある。

幅 34 m , 長さ 300 m , 深さ 13 m

したがって、雑貨を対象とする船舶では、ここでの制限はあまり問題と  
ならない。

### 3) 港 湾

雑貨船は埠頭に接岸して荷役をするのを原則とするから、港湾が深くなければ、船だけ大型化するわけにはいかず、逆に大型船の入港が予想されないのに、港だけ深くするわけにはいかない、という悪循環がある。どこかで、その悪循環の輪を断ち切る必要がある。

以上のことから、雑貨定期船としては10,000～20,000 DWT  
(15,000 ㏥)が限度であると思われる。

#### 4) 原子力船について

動力源が大設備を要するので、船型も大型になる。動力は無制限に得られるから、理論的にはいくらでも大きいものが考えられる。しかし、現状はともかく、作つてみて研究しようという段階であり、採算を度外視して建造している。150億の巨額を投じて建造中の米国の貨物船 Savannan号は、

排水トン 21,800トン、重量トン 10,190トン

長さ 179 m、巾 23.8 m

で、一般貨物船なみであり、これをもつて将来を予測することは危険である。ただ、一般雑貨船にとつての船型の大型化よりも、速力の増大という傾向はこの場合にも当てはまると考えられる。したがつて、摩耶埠頭前期8パースは一般貨物船について考慮するものとする。

表2-1・30 けい船岸設計示方書

種類	総トン数(G/T)	長さ (m)	巾 (m)	深さ (m)	満載吃水(m)
客船および貨物船	10,000	145	19.2	12.0	8.5
	15,000	165	21.5	13.0	8.8
	20,000	180	23.0	13.8	9.0
	30,000	210	26.0	15.5	9.5
	50,000	245	30.5	18.0	10.5
貨物船	10,000	148	20.0	12.5	9.0
	15,000	165	21.5	13.5	9.5
	20,000	180	24.0	14.0	10.0

表 2-1・40

港 名	所在国名	最大岸壁 水深 (m)	港内最大 水深 (m)	備 考
Bordeau	France	16.3		
London	Great Britain	14.1		
Glasgow	"	14.3	14.3	
Bristol	"	11.95	11.95	
Dublin	Eire	10.65		
Alexandria	Egypt	9.50	11.65	
Manila	Philippine	10.0	10.0	
Singapore	Malaya	10.95		
Hangkong	Hongkong	11.95	26.0	

## 5) バース水深とバース長

大型船バースの標準寸法は表 2-1・39 ~ 表 2-1・41 に示したとおりである。

表 2-1・41

( 緊船岸設計示方書 )

	総 ト ン 数 (t)	バースの長さ(m)	バースの水深(m)
客船および貨物船	10000	170	9.0
	15000	190	9.5
	20000	210	10.0
	30000	240	11.0
	50000	275	11.5
貨物船	10000	170	10.0
	15000	190	11.0
	20000	210	11.5

以上の事項を考慮して、摩耶埠頭では15,000%~20,000%の貨物船を対象とすることとする。

近い将来において、20,000%の船が数多く接岸することは期待できなくとも、港湾構造物の性格から、また船舶と港湾との悪循環を断つ意味からも、15,000%~20,000%級のバースが必要である。

よつて、バース水深は12mとし、バース長は2バース400mが最小限必要である。

#### 6) 摩耶埠頭におけるバース割り当て計画

図2-1.20



前節までの所論で明らかなように、航路別単位に割当てられたバース数はおのおの四つであるが、このバースがおのおの分離していたのでは、本章に述べた所論から計画の意味をなさない。このような観点から、4バースが一体となつて機能を果すような埠頭の配置が望まれる。図2-1.20は、両側に2バースずつを具備した平行した突堤群を示す。摩耶埠頭の建設計画では前端の海側のバースは水深12m、奥に入つた陸側のバースは10mの水深を有するよう当初企てられたが、今までの推論の過程からでも明らかなように、いづれも12mの水深が得られるようにすることが必要と思われる。さらに上屋・道路・通路などの陸上施設によつて、四つのバースの機能が一体化されるように考慮されたならば、本章で述べられた諸条件を満足する適正な埠頭計画が策定される。摩耶埠頭8バースは、実際このように計画が検



討され、決定されて、建設工事が行なわれているのである。

## § 8. 結 語

わが国において、貨物輸出埠頭を計画するとき、計画者はまず大きな当惑を感じる。それはあたかも街路に横たわる大きな転石みたいに映ずる。その転石の存在を歴史的なものとみて、そのままにしておこうとすれば、自動車で早く目的地に向おうとする人も、その転石のために、車より降りてトボトボと歩いていかなければならない。転石を除いて技術革新の道をつくりあげるか、伝統を保持するかは、人間、社会がきめる問題で、港湾技術の問題でないかもしれない。本章の始めに、まず多くの問題が存在する港湾問題のうち、雑貨輸出の場合について概観したのである。一つの提案が、才1編に述べた本方法論の主張からなされる。埠頭の航路別割り当てがそれである。このような考えは、多くの人に受け入れられている。しかしながら、それを受け入れるに伴って実施の段階にうつるときさらに強い反対に出あうと思う。埠頭の公共性を高く維持しつつ、港湾諸掛りを低減し、海運の高速化、経済化を高めるために、国民全体の立場に立つて多くの人の理解が一層深められなければならないと思う。理論的に合理性をもつて割り当てられた計画対象の航路に対応する埠頭の各施設はその航路に就航する船舶ならびに輸出入貨物・旅客に「最善の」サービスを提供し得るものでなくてはならない。

しかし、本方法論にいう「最善の」という意味は、抽象的でもなく、また無限の意味をもつものでなく、むしろ多いと思われるぐらい船舶の滞船を強いる結果となつている。その理由は、あらためて説明するまでもない。§ 6. では、幾多の仮定のもとではあるが、このように計画された埠頭の経済的評価を加えている。本方法論のもつとも有用なのは、この評価で見積られてい

るように、単位時間内の入港隻数、在港時間・積荷、船型の変化とうの  
に対応してこの埠頭にどういふ変化が現われるかを定量的に予測し得てい  
ることである。またその経済的評価が一定の基準のもとになされ得ること  
である。したがって、今後の港湾事情のすう勢の変化に対して起こる現象を  
すみやかに予知し、対策なり新しい計画の立案をつぎつぎに行なつてい  
くことが容易となつてゐる。最適計画を樹てることのほかに、このように  
評価を行ない、さらに、求めた最適解を常に管理していくことのために  
本方法論は有用に用いられていく。本章は、そのことを説明するに十分  
な記述がなし得てゐると思う。雑貨輸出埠頭の問題は、ここに述べた  
より、さらに複雑なものがある。これについては、ちる章で引きつづ  
き述べることにしたい。

## オ 2 章 埠頭における陸上諸施設の計画

### 目 次 詳 細

§ 1	概 説	311
§ 2	荷役能力および荷役機械の理論的台数	315
§ 3	埠頭クレーン採用上の問題点	321
§ 4	上屋・倉庫 に対する基本的な考え方	329
1)	上屋という施設	329
2)	神戸港における上屋の性格	330
3)	倉庫について	331
§ 5	上屋規模決定への方法論	332
1)	回転率Rを用いる従来の方法	332
2)	貨物の取り扱い量からの推定	334
§ 6	貨物取り扱い量の分布および確率	335
§ 7	1日当り上屋搬入量の推定	337
§ 8	上屋の収容能力の推定	356
§ 9	自動車の庫内通過について	373
§10	間口・奥行・出入口・通路および面積など	376
1)	上屋の間口と奥行	376
2)	出入口および通路	378
§11	上屋の計画および利用に際しての前提条件への注意	380
§12	臨港交通施設の問題	387
§13	施設の差異による輸送費の変動	388
1)	トラックによる輸送費	388

2) 営業線の費用 .....	391
3) 公共臨港線の費用 .....	391
§14 損益分岐論による臨港交通施設の選択 .....	396
§15 結 語 .....	400

## § 1 概 説

前章において雑貨埠頭の規模の決定を述べたが、このような考え方は、埠頭に配置される陸上施設の規模の決定にも応用される。才1編の才4章以下にも述べたように、模型化の方法は、いくとおりもある。以下は神戸港における摩耶埠頭を計画するに当つて考慮された荷役機械、上屋および臨港交通施設の例について述べてみたい。

雑貨埠頭における荷役機械の整備については、1923年ロンドンで開催されたPIANC(国際航路会議)での論議以来、各国でその是非論が繰り返えされている。わが国でも1952年6月、Dock and Harbour Authority に発表された H. Neumann 博士の論文を中心に、活潑な議論がなされたのであるが、結局、各国の特種事情や各港の慣習から、一概に船内ギヤーを中心とするアメリカ型と埠頭クレーンの林立するヨーロッパ型のいずれが優れているかという結論を見出せないでいるようである。

ロンドンにおける才9回 PIANC 総会において、この問題が再びオランダの N. Th. Kooman らによつて提起された。<sup>35)</sup>しかし、それは従来の論議からは若干立場を変えて、新しい意見として提出されている。その考え方によれば、「船内ギヤーを使うか、埠頭クレーンを使うか、また、両方とも併用するかを決定する一般的基準が得られる」としたのである。この考え方は、荷役の費用を最小ならしめるという概念に船の滞船時間の長短に起因する船待ちの費用を包含せしめ、従来の抽象的な論議から、定量的な考察を加えようとしたものである。1例として、2,400トンを積んできた船の荷揚げを考える。いま、埠頭クレーン5組と、船内デリック5組、合わせて10組の荷役機械で行なうとする。1組1時間12トンの荷役能力があるとすれば、陸揚時間は20時間である。また1ギヤング制とすれば、1日作業時間8

時間であるから、船は 52 時間滞留する。1 時間当りの費用を陸揚費 508.25 ギルダー、船の滞船費用を 1 時間当り 400 ギルダーとすれば両者の費用の和は、

陸上費用 ..... 508.25 ギルダー  $\times$  20 = 10,165 ギルダー

本船滞船費用 ..... 400 ギルダー  $\times$  52 = 20,800 ギルダー

計 30,965 ギルダー

いまこの荷役方式にさらに 2 台のクレーンを増設すると、1 時間当り 107.70 ギルダー余分に費用がかかるが、1 時間当り荷役能力は 24 トン増加する。したがって、陸揚時間を 17 時間に短縮せしめ、また本船の滞船時間を 40 時間にさせる。その結果、

陸揚費用 ..... 615.95 ギルダー  $\times$  17 = 10,471 ギルダー

本船滞船費用 ..... 400 ギルダー  $\times$  40 = 19,600 ギルダー

計 30,071 ギルダー

すなわち、894 ギルダーの節約となる。

さらに 1 日 8 時間制に 1 時間の超過勤務時間を許すとすれば、船の滞船費用は 13,600 ギルダーに減じ、6,000 ギルダーの節約が得られるとしている。このように、方法と手段の選択によつて費用は限りなく変化していく。いま、最小費用が得られる状態を求めようとするためには、以上のような 2 方法間の比較でなく、一連の状態を全部調べなければならない。

N. Th. Kooman らはここで相当の仮定をおき、最小の費用が得られるように考察し、埠頭クレーンの基数を増加することが、限度があるとはいへ、費用を最小ならしめる方向であると述べている。そのために例示された数学モデルは、問題をきわめて単純化したもので、すべての港湾における荷役機械の計画に適用出来るものではない。また、船が岸壁につい

て荷役を行ない、離岸するまでの費用を最小ならしめる問題は、このような考え方でよいと思われるが、荷役機械が休んでいるときの施設の遊びによる損失、また、荷役機械が計画されたように、使用されるかどうかの問題も、あわせて考察しなければならない。忙しいバースと目されても、利用率は精精 60～80%である。また、1隻当りの積荷率の問題もあり、数字の上だけの能率化は意味がない。しかし、抽象的に論ずるより、一歩前進したといえる。

つぎに上屋についての従来のわが国の考え方としては、広い方がよいという定説がある。その基準は、

上屋の所要面積 .....  $S \text{ } m^2$

所要年間取り扱い貨物量 .....  $N \text{ トン}$

上屋の回転率 .....  $R \text{ 回/年}$

単位面積当り収容貨物量 .....  $P \text{ } t/m^2$

貨物収容率 .....  $\alpha$  (通常 0.7 程度)

として

$$S = N / (R \cdot \alpha \cdot P) \text{ ..... (2-2.1)}$$

で計算することになっている。 $N$ は計画トン数だから、分母を小さくとらなければ、 $S$ は大きくなる。しかし、 $\alpha$ は別としても、上屋の回転率や貨物収容量を小さくするということは、上屋の使用を不能率にせしめる以外にない。 $\alpha$ にしても、上屋の中を通路や柱だらけにして、上屋を大きくするように努力しても、何か不合理である。従来の上屋がせまいということが事実なら、何かほかに問題があるはずである。そのため、上屋の機能を刻明に再認識する必要がある。

いま輸出雑貨について考える。船の入港日を目標に、輸出品は生産工場

で生産され、出荷がもくろまれる。そして、陸上交通機関によつて、埠頭内に持ちこまれる。大きな資本が寝かされることは許されないのが現状であるから、どうしても入港日間際に搬送される量が多い。一方、船積みは必ずしも一定量とは限らない。船が着いても陸揚げだけのこともあるし、1万トン近く積んでいくこともまれにある。船は着船して荷役し、そして出港していき、つぎの船がまた入ってくる。このような動的過程において、上屋の機能が要請されているのである。そのように現象をながめれば、式2-2.1の不合理性が容易に気付かれる。したがつて、船の入港状態・船の荷積みの具合・陸上より搬入される貨物の状態を<sup>吟</sup>意味して、合理的な上屋の規模と配置が決定されねばならない。もつとも、広過ぎる上屋は荷の収容力は十分であるが、常に空ベースを大きくし、投下資本の損失を招くであろうし、一方狭すぎる上屋は、年に数多くの荷を収容し切れない状態を招く。したがつて、才1章で考察した以上に、むずかしい動的な現象に対応する措置がのぞまれるのである。

複雑な問題に対する基本的態度、すなわち模型化への努力が、ここにおいても払われるのである。

埠頭上に配置するもう一つの重要な施設、それは、臨港交通施設である。海陸交通のターミナルポイントとしての港湾を考究する場合、背後地との連絡機関および道路・鉄道などの施設をいかに合目的に整備するかが重要な問題となることはいうまでもない。一般に連絡の方法は大別してつぎの三つに分けられる。その1は、多くの工業港において見られるように、生産施設と原料輸入、製品搬出のための港湾施設とが直結している場合で、多くは、ベルトコンベアーなどの輸送用荷役機械に依存する。もつとも多く一般港湾にみられるのは、道路と鉄道もしくは、その併用の方式である。



摩耶埠頭のように雜貨輸出専用埠頭の場合は、国内の奥地から港までいろいろの種類の貨物が比較的長い距離で運ばれてくる場合、たとえ量は道路輸送量に比べて少なくとも臨港鉄道の敷設によつて国内鉄道網と結びつけることは絶対に必要である。もつとも、港の周辺にて搬入貨物の多くが需要されるような輸入港の場合や、特に奥地との送入量があまり多くない場合、もしくは距離もそう長くない場合は、トラックによる輸送の合理化のみを考えた方が有利な場合がある。このように埠頭上に臨港鉄道を敷設する場合あつたにこしたことはないのであるが、投資と、その維持管理が容易でないところから、その経済性についてよく検討する必要がある。特にわが国では、臨港鉄道の敷設の方法、また管理方法に幾通りもあり、その差異から、健全な港湾の発展を促がすこともある一方、当該港湾の発展を阻害し、利用者また費用負担者に不当の損害を与えたり、また港湾の公共性を失わしめる結果を招来したりすることもある。臨港交通施設の中でも、道路にくらべて臨港鉄道の問題は、複雑である。本章では、どのような場合に、どのような方法をもつて整備すればよいか才1編に述べた損益分岐点の考え方を応用して一般的に論じてみることにした。

## § 2 荷役能力および荷役機械の理論的台数

荷役能力はギヤングの能力であり、神戸港における一般雜貨の例では才1章表2-1.9で述べたように、20~30ト/時間である。これのみを見ると、決して諸外国に比し荷役能力が悪いわけではない。しかし、1ハッチに積み込むために、このギヤング数を増加して荷役能力を増そうとしても、限度がある。それは、1ギヤング15人~20人に対し、3組を入れて、45人~60人にしても、ハッチ内は混雑するばかりで、荷役能力はかえつ

て減少してしまう。したがって、ハッチの大きさにも影響する。普通 10,000G/T の船舶は5～6ハッチを有しており、中央のハッチは大きい、両端のハッチは小さい。したがって両端では1ギヤング、その他は2ギヤングが限度で、まれに3ギヤングを中央ハッチに入れることが可能である。このように考えると、荷役機械を使用して、ギヤングの荷役能力を増加することが考えられるが、クレーン台数の増加による能力の増加は、表2-2.1に示すようである。

表 2-2.1

例 船 クレーン台数	4ハッチ 4,000G/T	5ハッチ 8,000G/T	6ハッチ 10,000G/T	摘 要
1	1.17	1.13	1.08	1) 端ハッチを除いては、1ハッチ 2ギヤングである。
2	1.51	1.29	1.16	
3	1.59	1.35	1.25	2) ハッチ数より多いクレーンを使用する場合、1ハッチ3ギヤングの場合をとつてある。
4	1.69	1.43	1.35	
5	1ハッチ 3ギヤング	1.50	1.50	
6		1ハッチ 3ギヤング	1ハッチ 3ギヤング	

この表は、本船デリックと埠頭クレーンの共同作業の資料であるが、埠頭クレーンのみの使用は、現在神戸港における本船ギヤングの標準能力、すなわち、デリックの使用による能力が20トン～30トン/時であるから、これ以上の能力ある埠頭クレーンでないと意味がない。したがって、雑貨にて35トン～45トン/時またはそれ以上に考えねばならないが、ハッチに入り得るギヤング数からおのずから制限がある。いずれの場合に

も、ギヤングの能力は、倍加するものでなく、大体において表 2-2.1 に示されたような増加を示す。

いま、1 時間 45 トンの荷役機械 5 台 S. H. クレーンを考え、その費用を算定すると表 2-2.2 のとおりである。この荷役機械を増せば増すほど、荷役能力は増加するで

あろうが、上述のように、その能力増加は、比例的ではなく、クレーンの増加が増えるに従つて増分は減少する。ある限度を越せば、も早増分は 0 もしくはマイナスということも考えられる。このような関係を、2 次拋物型の曲線と考えれば、

$$y = ax - bx^2 + 300$$

..... (2-2.2)

表 2-2.2 5 台 S. H. クレーンの経費

費 目	経 費	摘 要
建 造 費	25,000,000	
毎 年 費 用	2,342,000	耐用年数 20 年 利 子 7 %
人 件 費	600,000	
維持管理費	300,000	修 理 費 を 含 む
管 理 費	150,000	
国 定 経 費	3,392,000	
時間当り費用	1,410	年間 300 日 } 稼動 1 日 8 時間
一時間当り 運 転 経 費	158	電力料, 潤滑油

(註) 本章で  $i=7\%$  と扱っているのは、本文でも明らかなように、雑貨埠頭における荷役機械・上屋などは、収益事業とみるより、一般公共事業的とみるべきであるという筆者の主張から発したものである。

ここに、  $x$  = クレーンの台数 (単位台)

$y = x$  による増加する単位時間当り荷役能力。(単位トン)

$a, b$  は係数値

300 は基準荷役能力

たとえば、クレーンが1台もなくとも、船内ギヤ使用による荷役能力は、20~30トン/時間あるのであるから、10ギヤングでは300トン/時間が可能である。これは理論的な見積りで、神戸港における実際は、オ1章に述べたように4ギヤング6ハッチが普通で、A、P. L. のような場合のみ6ハッチ9ギヤングであり、1日の荷役標準能力は1,000トン前後であろうと推定されている。

10ギヤングは、末端ハッチ1、その他2ギヤングとした場合、表2-2.1の8,000 G<sub>1</sub>に対応する。いま、船の積荷量を $c$ とすれば、クレーンの経費と船の滞船料を加味した経費 $Y$ は、つぎのようになる。

$$Y = \frac{c}{y} (K_1 x + K_2 + K_3 x) \dots\dots\dots (2-2.3)$$

ここに、 $K_1$  = 1時間当り荷役機械の費用、表2-2.2から158円

$K_2$  = 船の1時間費用、一日100万円~70万円であるから  
平均80万円として、この値は、33,000円程度。

$K_3$  = 1時間当り荷役機械の固定費、表2-2.2から  
1,410円

経費の総額 $Y$ が最小となるような荷役機械の台数は、式2-2.2と式2-2.3とを組み合わせたものを、 $x$ について微分し、これを0とおいた式から得られる。それを計算すると、

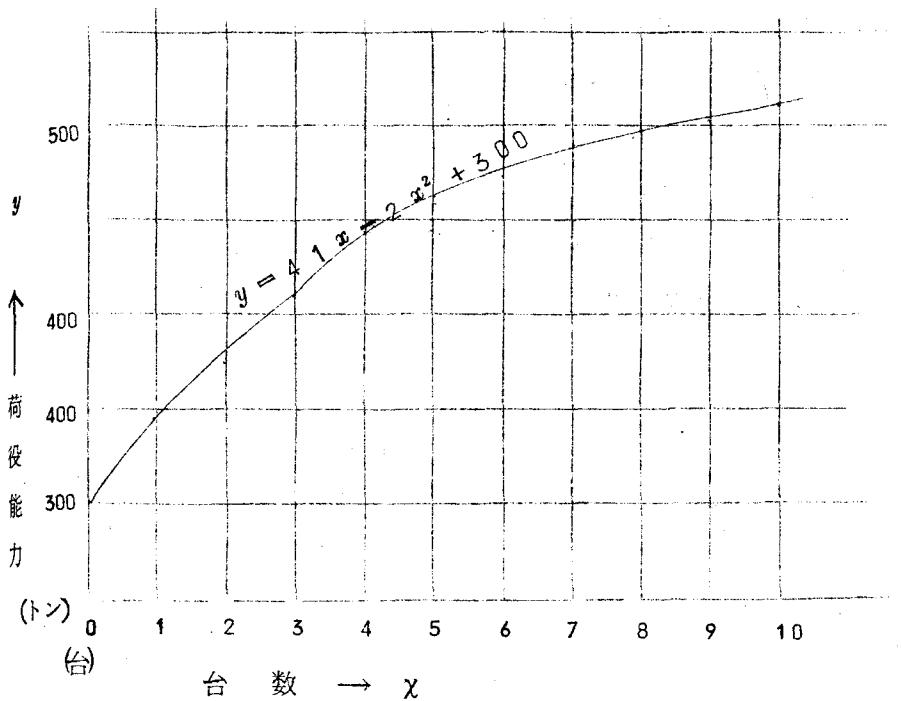
$$x = \frac{-bcK_2 \pm \sqrt{(bcK_2)^2 - \frac{b^2 c K_0}{bcK_0} (300cK_0 - acK_2)}}{\frac{b^2 c K_0}{bcK_0}}$$

$$= \left( \frac{K_2}{K_0} \right) \pm \sqrt{\left( \frac{K_2}{K_0} \right)^2 + \frac{a}{b} \left( \frac{K_2}{K_0} \right) - \frac{300}{b}} \dots\dots\dots (2-2.4)$$

ここに、 $K_0 = K_1 + K_3$

表2-2.1の8,000 G<sub>1</sub>の能力増加傾向から、最小自乗法によつて、式2-2.2の係数 $a$ 、 $b$ を求めると、図2-2.1のように、 $a=41$ ,

図 2-2.1 クレーン増加による荷役能力の増加



$b=2$  である。これと、 $K_0$ 、 $K_2$  の値を式 2-2.4 に入れて、 $x$  の値を求めると、

$$K_0 = 1,410 + 158 = 1,568, \quad K_2 / K_0 = 33,000 / 1,568 = 21.04,$$

$$\therefore x = -21.04 \pm \sqrt{(21.04)^2 - \left(\frac{4.1}{2}\right) 21.04 - \frac{300}{2}} = -21.04 \pm 27.0$$

$\therefore 6$

したがって、積荷量  $c$  の値に無関係に、6 台つけることが経済的という結論を得る。これは、大体各ハッチに 1 台という振割であるが、中央ハッチには、2 台作業する場合も考えられる。いま、この埠頭クレーンの能力は 1 時間 45 トンであるから、船内ギヤーによる能力 1 時間 30 トンに対し 1.5 倍である。共同で荷役する場合、埠頭クレーンの方が能力過剰になつても不経済だし、また能力が不足して、船内ギヤングの能力に支障を与えてもいけない。

その均衡の式は次式で与えられる。

$$\frac{q}{2w} = \frac{c}{1.5wx} \dots\dots\dots (2-2.5)$$

ここに、  $w$  = 船内ギヤの単位時間能力、たとえば 30 トン/時間

$q$  = 最大ハッチの荷役量

$c$  = 全体の荷役量で、式 2-2.3 の  $c$  と同じ

$x$  = クレーンの台数

$q$  の値は、表 2-2.3 のように一般ハッチの積荷比から 25% くらいが適当と思われるから、 $q = 0.25c$  を使用すれば、

$$x = \frac{2 \times 4}{1.5} = 5.3$$

すなわち 6 台あれば、船内ギヤの能力を低下させることもなく、また、特に過剰ということもない

表 2-2.3 一般貨物船ハッチ積荷比

例 船 ハ ッ チ No.	4 ハ ッ チ 4000 G/T	5 ハ ッ チ 8000 G/T	6 ハ ッ チ 10,000 G/T
1	22 %	14 %	11 %
2	32	21	24
3	24	25	18
4	22	23	13
5		17	24
6			10

### § 3 埠頭クレーン採用上の問題点

クイックディスパッチ ( quick dispatch ) は船舶の滞船費用を少なくし、稼航率を向上せしめる。したがって、船内荷役の能率向上は、前節に述べたように、近代港湾荷役の合理化にとつて欠くことのできない事項である。しかしながら、埠頭クレーンの設置が、前節のように、ある台数だけのぞまれても、実際の採用にあたつては、その運用の実体から冷静に判断する必要がある。この問題を解くために、あらかじめつぎのようなことについて疑問をいだいてみよう。

- 1) 埠頭クレーンを使わなければ損だと、誰が真剣に考えているだろうか。
- 2) 埠頭クレーンの採用によつて、港湾作業費用が果して安くなるか。
- 3) 稼航率の向上から、船運賃が安くなるか。
- 4) 利用者がこれを使うだろうか。
- 5) 本当に、船は滞船時間が短くなるか。

これらの問題にふれる前に、神戸港における船内荷役の実状を概観しておこう。

船内荷役作業は、港湾諸作業の中でもつとも熟練を要し、労務者の機敏性が大いに物をいい、労働もきわめて激しい。ハッチ内は狭隘であり、本船内の荷役設備を用いて行なわれるのが普通であるから、荷役索・ロープ類が多くて、陸上作業に比較すると、貨物の損傷也多ければ、人命の危険も少なくない。それだけに作業管理は技術的に特に容易でなく、労務者一人一人の実力に頼るほかはない。このため、船主または荷主のいずれもよくなしえないところであつて、ステベドアと称する専業者の手に委ねられている。神戸港を始め、わが国の主要港では、船会社（海運業者）または

荷主とは別に、船内荷役の請負をなす者とこの請負のもとで実地の作業に当るものがあるのが原則で、前者をステベ業、後者を船内荷役業と称している。米国ではステベドアリング專業者とターミナルオペレーターとが区別されているが、日本ではステベドアリング專業者と直接船会社または荷主と契約することは少ない。

またわが国の港湾におけるステベの実力と船内荷役に従事する労務者の気風は、他の港湾諸作業に見られない誇りと一種の筋がある。例えば、才1章でも述べたが、他の港湾料率で不況の際ダンピングが行なわれるようなことがあつても、船内荷役のタリフレートがよく守られているようなことは、ほかの理由もあるが、その片鱗のあらわれと見ることもできる。

神戸港においては、船内荷役に埠頭クレーンを使用することに対する強い反対は別にある。にもかかわらず、現実的に、この問題に関する当事者の考え方は抽象的であり、実現に対して消極的である。その原因を追求していくとき、すでに才1章に述べたように、船舶の着発と埠頭上における荷の流れが、全くデタラメで、荷役機械を用いる余地がないという根本的な問題のほかに、運賃制度と業者間の内部事情にも深い隘路が存在するように思える。

#### 1) 運賃制度の問題

運送契約書に含まれる荷役能率について考察する。

(1) 船内人夫賃・海上運送契約により、船積み・陸揚げのための船内人夫賃を運賃率に含めたものと、含めないものがあるが、通常定期航路ライナーの個品運送では、前者を原則としているので、埠頭クレーンの使用により、船内人夫が増加される場合、同一荷積卸量に対し、船内人夫の増加分の賃金が必要になり、変更が予想される。しかし神戸港では荷役が



編奏しており、特に、月末荷役能力の不足が既定の事実となつてゐる現在、船内人夫賃の変更がなされても、人夫の不足が生じた場合には、荷役能率に関係することでもあり、荷役業者からすれば、安定性のある契約を申出ることになるので、十分考慮しなければならないことであろう。これは入港船の月末集中という波動がある限り解決が困難である。したがつて契約作成時において、荷役能力増加にともなう人夫の見通しが十分でなければならない。

ケースバイケースの不安定性は、陸揚げ・船積みの荷役総量との関係においてもいえる。量が多ければ、船内人夫の増加分とクレーンの使用料は、荷役時間と滞船時間の短縮から生れるデイスパッチマネーのような報賞金で償なわれる可能性があるが、少なければ、この増加費用は償なわれない。

神戸港における1日の荷役能力は、オ1章に述べたように、6～9ギャングであり、積荷量平均が1,200トン～1,400トンであれば、いわゆる1日分のケースがかなり多いことは、注目すべきことである。

(ロ) 碇泊期間・碇泊期間の算定は、積荷の種類・港の荷役能力・慣習によつて相違はあるが、荷役能力については、その港における1日の積荷または揚荷の数量であらわされる。すなわち、「積ラン(Running)1,000トン」というように、1日の荷役責任量のランを契約する。もつとも神戸港では積ランは、トランパー扱いのバラ荷のみである。いずれにしても、契約時における埠頭クレーンの使用可能か不可能かが、常に明確にわかつており、契約者間の中で、それが管理できる状態におかれていなければならない。2バースに兼用で3基の埠頭クレーンが配置されており、それぞれ入港船に対して入港着順により埠頭クレーンが使用されるという状態では、埠頭クレーンを用いずに荷役するか、碇泊期間を延長せざるを得ない。このような、不安定な荷役方式は、埠頭クレーンによる荷役能力の増加の効用を失なわしめ

るほかに、契約自体が困難である。したがって数多くの台数を設備しなければならない。また、航路に海運同盟が存在する限り、運賃協定・積荷協定があり、同一航路には、荷役設備を同一に整備し、サービスに不均等を与えないようにしなければならない。さらに、経岸か片舷舳かによつても、変わらないためにも、回転半径の大きいクレーンの設備ということにもなる。これらは、滞船料・早出料に関係することになるので、中途半端な設備は、クイック・デイスパッチに関する限りにおいては、利用価値の少ない投資となることは当然であろう。以上は、クレーンの台数を多くし、大型化しなければならないということであり、したがって高価な設備投資が必要ということになる。要は、荷主と船主とが立ち合つて作成する荷役時数協定書に何分かの影響を与えるようにしなければ、埠頭クレーン設置の意味はない。

## 2) 荷役業者の問題

これはいわゆる乙仲とステベドアーとの問題である。クレーンの荷役が行なわれると、この荷役が両者にまたがることから、いろいろの問題を生じる。すなわち、乙仲は、直積みの場合は、責任が船側で完了することになり、荷役能率の向上は両者の共同によつて成立するわけであるが、両者ともに利益追求を目的とするからには、乙仲とステベの中間の荷役が問題になつてくるのである。したがって、これがクレーンと船内ギヤーによる荷役との共同作業であれば、甲板渡し・艙内渡し・上屋内渡しなど、中間を除去するようにしなければならないであろう。ステベドアーからすれば、上艙戸口渡しなどが好ましいと思われるが、これについてはステベ自身が上屋を借り受けなければならない。現在のようにステベの上屋利用の余地のない状況では、不可能なこととされている。これと並行して、舳荷

役に従事する労務者の職場が失なわれるという不安感は、港湾の労働問題の他の大きな問題として、考慮されねばならない。

舢舨回漕を主体とするタリフレートの制度が崩れない限り、埠頭クレーンによる荷役方式は困難であり、一方円滑なタリフレートの改訂も決して容易でない。

以上のような概観のもとに、さきに提起した疑問にふれてみよう。

(1) 埠頭クレーンを使わなければ損だという要因があるか。しばしば、ヨーロッパ型の荷役方式を批判する人は、「ヨーロッパではエブロン上に鉄道を引いているため、マストクレーンが使えないためだ」といい切っている。この場合、確かに埠頭クレーンを使わねば損だという要因が存在する。しかし神戸港を始め、わが国にあつては、エブロン上に鉄道を引込むという要請は強くない。それは、貨車扱いの荷が少ないことによる。わが国においては、貨車便が不定期だということ、貨車を上屋代りに使うだけの余裕もなく、また、操車場の容量もないほかに、大陸と違つて、根本的に貨車扱いの荷が少ないし、今後も漸減の傾向にあることから、このような荷役方式を主体とする埠頭の陸上施設配置は考えられないと思う。

つぎに、ランによるデイスパッチマネーが得られる場合とか、あるいは特に多量の貨物の積おろしの場合が考えられる。埠頭クレーンの作業工程の能率性は、一定の荷姿の多量貨物、たとえば石炭・木材・鋼材などでは、マストクレーンよりはるかにまさり、投資効果を勘定に入れても十分引き合うことが実証される。国際海運競争における Hampton Roads の例は、貴重な資料を残している。また、わが国でも、石炭埠頭や工場付属の岸壁で、工業原材料の陸揚げに大規模のアンローダーを整備している例は、このためである。しかし、荷姿がまちまちであるか、または積荷率のラムダムな定期雑貨埠頭

では、事情は複雑である。前節のモデルについての計算では、6基程度の埠頭クレーンの整備が経済的であると述べたが、相当思い切った重要な前提条件があることに注意しておかねばならない。

(2) 埠頭クレーンの採用によつて、港湾作業料率タリフレートは安くなるか。デリバリーとタリフレートがこの問題を支配する。ある貨物が一定の量に達すると、埠頭クレーンによる利益が理論上は算定される。そうでなくとも、埠頭クレーンの使用は、荷役能率を向上せしめる。しかしながら、船内荷役料金と荷役能力は、マストクレーンによるか、埠頭クレーンを使用するかを明確に定めることによつてきめられるから、量の変動やそのときの港の状態で料金を自由に変えられるように契約することは困難である。したがつて、もつとも安定した、マストクレーンを使用する作業料金が基準とならざるを得ないのである。ステベとの契約は船会社との間でなされている、神戸港輸出の場合では、ステベに船会社から支払われる金額は、マストクレーンによる料金である。船運賃もそうしたことを考慮して定められている。クイックデスパッチの関係から埠頭クレーンを使用する場合には、その利益がよほど大きくならないと、別に使用料をキャッシュで払つて埠頭クレーンを使うことに踏み切らない。荷主がステベと契約して船積みを行なうような慣習は、ほとんど神戸港では見られないが、この場合ステベが払う埠頭クレーンの使用料と同様に、マストクレーンの使用に対して、船側から高い料金が強制されたとき、埠頭クレーンを使うことになるかも知れない。

しかしこのような荷役方式は他の障害もあり、神戸港の現状では実現することは容易でない。その大きな要因の一つはつぎの事項とも関連するのである。

(3) 船舶運航上の利益から船運賃が安くなるか。大量の散荷のような場合には、明らかに安くなる。ランが1,000トンから2,000トンに向上した場合、船運賃を改正しない方がおかしい。しかし、定期船雑貨 ( Clean cargo by liner ) の場合は、事情は少し異なる。たとえばある港において、埠頭クレーンの利用によつて従来よりクイックデイスパッチを行ない得ても、そのライン全体の船運賃にはさして影響を与えない。それはある港で、2〜3時間の速発が得られても、他の寄港地の状態が悪く何日間も滞船する状況では、その効果は数量的に把握できる大きなものとならず、実質的な船運賃の低下は期待されにくい。また前に述べたように、海運同盟による運賃協定の改訂は、大規模に港湾施設の改良と合理化が実現しなければ困難であろう。

(4) 利用者はこれを使うだろうか。利用を強制するわけには行かない。前述の状況のもとに利用者は必要とあらば使うだろうが、それは使うことによつて利益があると思われるときである。その場合、クレーンの使用料が問題である。一般に大量の一定荷姿の場合、使用料が運転費を含めて無料もしくは格安ならば、ギャンクに割増しをつけても使うことになるかも知れない。マストクレーンは船会社によつて設置されており、船価構成の一部となっている。したがつてこれを使うか、使わないかにかかわらず、船運賃の中に減価償却分はすでに折り込まれていることも、注意しなければならない。

以上の考察から、つぎのようなことがわかる。

(1) 才1章のように、国民経済的な観点に立つて見るならば、§2で述べたように、摩耶埠頭に埠頭クレーンを設けることは意味のあることであり、その基数は一応1バース6台と計算される。

(2) しかし、その結果、直ちに港湾作業料率や船運賃が低下するものと理解してはならない。むしろ、利用されない場合が予想される。

(3) 誰が利益するかわからない性質のものであり、その整備・管理・運営について周到な注意が払われねばならない。

(4) 港湾管理者の収益事業として行なうことが義務づけられている埠頭クレーンの現行整備方式には疑問がある。収益事業として、その償却を企画し、使用料の形で、運転費を含めて、利用者からこれを徴集することになれば、埠頭クレーンは使われない公算が大きい。これは、港湾管理者が直接、埠頭クレーンの機能を提供することが困難であるというほかに、主として経済的な問題である。

(5) 施設の無償貸付をしても、利用者は運転費を容易に支出しえない。

(6) 海運業者・荷主・船内荷役業者・ステベ・舁回漕業者などの間に調整が行なわれ、円滑なターミナルオペレーターによる荷役方式が新しく樹立されねばならない。

(7) 神戸港だけの近代化は、全体からみれば弱少であり、全国的というよりも、むしろ国際的観点から、定期航路の海運合理化問題として扱う必要がある。以上のことは、埠頭クレーンが国の問題として取りあげられ、たとえば、国費をもつて整備され、その利用管理が民主的な運営のもとに行なわれる体制を整備するとともに、運賃契約・港湾料率・港湾荷役方式の改善が、各利用者の合意と積極的な支持を背景とした行政指導のもとに行なわれねばならないことを意味する。

このように、§2で述べたようなモデルについての解が、直ぐそのまま決定解と諒解され、計画案の中に編入されることは、危険である。むしろ、オペレーショナルな、もしくは政策的な問題として、本方法論で強く指摘しているように、港湾技術の範囲を越えた問題であることを認識する必要がある。しかし、以上のような、推論過程は、ただいたずらに大規模な荷

役機械を埠頭上に数多く配置することをもつて、港湾施設の近代化が促進されたという誤解を未然に防ぐことに役立つばかりでなく、真にそうすることが、国民の福祉につながる港湾政策を樹立させることに、むしろ大きな意義があると思われるのである。港湾技術上における計画の問題は、このように、オペレーショナルな問題や政策決定に関する問題を予備的に考察し、技術上の問題として解を与えて、判断を決定者に迫るということが頻繁に行なわれる。港湾施設が「計画されたように、利用される」という保証がなくては、いかなる近代的港湾施設も永遠に還つて来ない多額の投資に終つてしまうことは、港湾技術者にとつて、十分考えねばならないことと思われる。このことは、つぎに述べる上屋の計画・管理およびその運営についても、同じように考えられる。

#### §4 上屋・倉庫に対する基本的な考え方

##### 1) 上屋という施設

海上のターミナルとしての港湾の機能は、上屋の能力によつて代表されるといつて差し支えない。貨物が陸から来ると、海から来ると問わず、一応貨物の整理・仕分けをなし、貨物需給の流れを調節するのは絶対に必要なことである。この意味では、神戸港における上屋も、専用貨をして倉庫代りに使用させているものを除けば、一応上屋の機能を果しているものといえよう。しかしながら、合理的な「荷の流れ」を指向する限り、その流れの適正な調節弁としての機能は残念ながら果していない。本来上屋は、鉄道の上屋と同じく、その所在する水際線、すなわち岸壁・物揚場にけい船する船舶の荷の積おろしのために、存在価値を有しているものである。その船舶の荷のハンドリング ( Handling ) またはソーチング ( Sorting ) とビフォアデリバリ ( Before delivery ) のためであることはいうまでもない。摩耶埠

頭において、才1章に述べたように航路別にバース割り当てを行なつたのも、本来の上屋の機能を真に付与せしめるためであるといつても過言ではない。したがつて、本埠頭上の上屋は、要請された航路別の船荷の真の調節弁としての必要にしてかつ十分に機能を果すように、計画されねばならない。

## 2) 神戸港における上屋の性格

摩耶埠頭は才1章に述べたように、輸出雑貨を主体として計画されている。しかしながら、輸出雑貨を積むために入港した船舶が、輸入貨物をおろすことはないであろうか。いかに輸出専用埠頭としても、船をシフトさせることは困難であるから、このようなことが生じる場合も、合わせて考える必要がある。航路別バース割り当てを行ない、摩耶埠頭に東廻り（ニューヨーク航路）と西廻り（ヨーロッパ航路）の性格を持たせた場合、以上のことについてつぎのような事実を把握することができる。

イ) ニューヨーク航路とヨーロッパ航路のいずれに就航する船舶も、輸出船・輸入船の性格が顕著であり、横浜を終端港とするヨーロッパ航路の船は、神戸港では輸入貨物のおろしは行なうが、ヨーロッパ各港向けの荷は積まない。

ロ) ただし、ニューヨーク航路の中、マニラを終端港とせず、神戸港を終端港とするものの35%は神戸港で積みおろし両方を行なう。同様にヨーロッパ航路の西廻りで18%見受けられる。

ハ) バースの有効的利用の観点から、摩耶埠頭に世界一周航路の東廻り・西廻りをそれぞれバース割り当てを行なつた場合、これに就航する船舶は100%荷の積みおろしを行ない得るものと考えられる。

ニ) 上記のロ)・ハ) のケースは全体の入港船舶の隻数からみればわ



ずかである。

ホ) これらの量は、才1章§5表2-1・19で明らかにしたように、昭和37年度において282千トンに過ぎない。これら輸入貨物の内容は、綿花・鉄屑・穀類などが大部分である。

ヘ) この輸入貨物は一応摩耶埠頭扱い分として算定されるが、経岸揚げをすることは不得策であると思われる。

以上のような事実は、日本経済・貿易情勢が急激しない限り変わらないものと思われる。これについて、このような雑貨の輸入はむしろ伸長せず、原料輸入に置換されて行くという説もある。ともあれ、上述の事項は、摩耶埠頭扱いの中、経岸上屋入の輸入雑貨の量が極めて少ないことを示している。したがって、摩耶埠頭の上屋の計画を行なうに際し、その質的考慮のみでよく、特に輸入専用上屋を考慮する必要はあまりないものと思われる。したがって、上屋の計画は輸出を主体として算定し、上屋の収容能力において、輸入貨物をも収容できるように配慮することがこのましい。上屋内において、輸出貨物と輸入貨物が混在することは、ソーティングや税関手続上避くべきであり、このため何らかの間仕切りもしくは階を変えることを考える必要がある。

### 3) 倉庫について

上屋が貨物の流れの調節弁であるのに対して、倉庫は生産の流れのフライホールとも見られる。したがって、元来長期保管の機能を付与する必要がある。才1章に述べたように、わが国の輸出雑貨は買手市場であり、注文生産を宿命としている。この日本経済の本質もしくは貿易慣行から、特に倉庫を必要とする要因はない。よしんば、人絹・スフ・綿織物などにおいてあつたとしても、それは必ずしもニューヨーク航路・ヨーロッパ航路沿いの各港に

仕向けられるものではなく、商況によつて東南アジア・アフリカに仕向けられることになるかも知れない。このような観点からすれば、特に埠頭上に輸出倉庫を設けねばならない理由はない。輸入倉庫についても、(2)で述べたことから必ずしも設けるべきだという理由は見当らない。しかしながら、ターミナルオペレーターが特に埠頭経営上倉庫を必要とするような場合、倉庫の必要性は別に論ぜられる余地はある。才1章§3 1) で述べた摩耶埠頭建設の才一目的からすれば、倉庫建設を上屋の建設と同時に緊急に整備する必要はないと思われる。言葉を換えていうならば、輸出費用の節約のために大きな役割を果さないものに対して、巨額の投資を行なうという根拠は今のところ存在しない。

## §5 上屋規模決定への方法論

本節においては、上屋規模をいかに定めるかについて考究したい。

### 1) 回転率 $R$ を用いる従来の方法

上屋の規模(スペース)を推算する従来の方式を式2-2・1で示した。

この上屋のスペースは、内容的につぎのように区分して考えられる。

1. 貨物の仕分け・荷さばきのためのスペース。  $S_1$
2. 貨物の仮置き・保管のためのスペース。  $S_2$
3. 通路のためのスペース。  $S_3$
4. 柱壁などのデッドスペース。  $S_4$
5. 事務所・保安装置などのスペース。  $S_5$

したがって総面積 $S$ は、次式で求められる。

$$S = \sum_{i=1}^5 S_i \quad (2-2 \cdot 6)$$

(1)  $S_1$ : 1 パース 1 日 揚積貨物量を  $x$  トンとすれば,  $S_1 = xh$ , ここに  $1/h$  は雑貨物 1 トンを仕分け・荷さばきするに要する面積であり,  $h$  は  $1 \text{ m}^2$  当りの仕分け・荷さばきをするための貨物の換算積高と考えられ, 実積によれば,  $h = 1 \text{ m}$  といわれている。したがって,

$$S_1 = \frac{x}{1.0} \dots\dots\dots (2-2.7)$$

(2)  $S_2$ :  $r$  を月間回転率  $\left[ r = \frac{1}{2} (\text{月間入庫量} + \text{月間出庫量}) / \text{月末在庫量} \right]$ ,  $H$  を平均積高 (併高) とすれば, 月間平均上屋經由貨物量は  $30x$  であるから,

$$S_2 = 30x / r H \dots\dots\dots (2-2.8)$$

貨物の併高については, いろいろ調査が行なわれているが, かん詰などを主としての雑貨の場合は, 平均  $4 \text{ m}$  くらいといわれているから,

$$S_2 = 7.5x / r \dots\dots\dots (2-2.8)$$

(3)  $S_3$ : これは通常の上屋においては総面積  $S$  の  $25\% \sim 30\%$  といわれている。フォークリフトなどの荷役車輛による上屋内の合理的荷さばき形態を考慮して,  $S_3$  を一応  $S$  の  $35\%$  とすれば,

$$S_3 = 0.35S \dots\dots\dots (2-2.9)$$

(4)  $S_4, S_5$ : この両者をあわせると, 通常平屋建では総面積  $S$  の  $2 \sim 5\%$ , 多階建では  $5 \sim 15\%$  といわれる。安全のため上限をとれば,

$$S_{4,5} = 0.15S \dots\dots\dots (2-2.10)$$

したがって総面積は,

$$S = \sum_{i=1}^5 S_i = x + 7.5x/r + (0.35 + 0.15)S$$

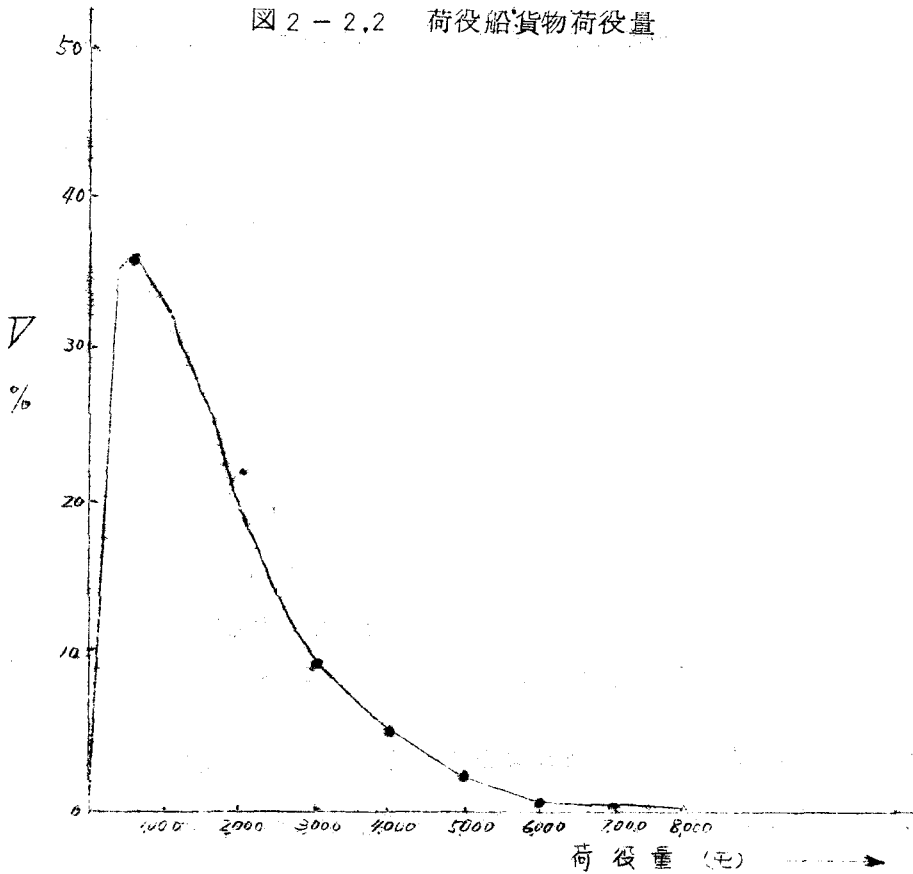
$$\therefore S = 2x(1 + 7.5/r) \dots\dots\dots (2-2.11)$$

すなわち、 $x$ および $r$ を与えることにより上屋の規模を求め得る。 $x$ は、船の1隻当り荷役量・滞船時間・発着状況ならびに陸上より搬出入される貨物量に影響する変数である。つぎに回転率 $r$ は、経験的に数値が与えられるのであるが、決して常数値ではなく、上屋の性格からいえば、 $x$ を因子とする変数とも考えられる。したがって、 $x$ と $r$ の分布を求め、各分布より、これらの同時確率分布を求めようとしても、相互に独立性がないから複雑である。 $r$ を与え、 $x$ のみの変数として扱つてみても、本質的には式2-2・1で述べたことと変わらない。よつてつぎのような推論を試みた。

## 2) 貨物の取り扱い量からの推定。

才1章の所論で、1船当りの揚積をする貨物の取り扱い量が平均で1600トン、またその分布は図2-1・4で与えられている。また船の間隔 $t$ における平均在港隻数は式2-1・15で、また日平均在港隻数は式2-1・17で与えられ、各航路の昭和30年・31年の実績は、1日～4日である。1隻当りの平均在港日数は式2-1・16で与えられ、その分布型はポアソン分布であることもわかつている。一方陸上から運ばれてくる貨物の1日の搬入量の平均およびその分布型がわかると、それらの取り扱い量の生起確率およびこれ以上の取り扱い量が必要になつたときの危険率、すなわち超過確率を計算することができる。したがつてこの超過確率をいかにすればよいかという問題になる。上屋の面積を大きくすれば、危険率は小さくなるだろうが、上屋のスペースの遊休損失は免がれない。また、小さくとれば危険率は大きくなり、仕分け・荷さばきが困難となるが、仮置・保管という上屋の機能も十分に果し得ない。このことは、才1章において、パース数を求める際に生じた問題と同じ性質である。したがつて同じような考え方で、上屋の規模を想定することができる。

図 2-2.2 荷役船貨物荷役量



#### §6 貨物取り扱い量の分布および確率。

入港船1船当りの貨物取り扱い量の分布は、図2-1.4および図2-2.2のようなSlade型分布をなす。いまこの確率曲線の中央値を境にして取扱トン数を大小に組み分け、これに連の検定を行なつて、ラムダム（無作為）性が立証されたならば、つぎの推論が可能となる。

いま、貨物取り扱いトン数の分布関数を  $V(x)$ 、このとき単位期間中の入港船隻数  $n$  とすると、荷役  $x_i$  トンを要する船の入港する確率は  $V(x_i)$  とな

る。つぎに、荷役  $x_i$  トンの船の後に続いて荷役  $x_j$  トンの船が入港する確率を求めると、

$$V_1(x_i) \times V_2(x_j) \dots\dots\dots (2-2.12)$$

ここに  $V_2(x)$  はこのときの分布関数であり、単位期間中の入港隻数は 1 となる。以下同様にして荷役  $x_i, x_j$  トンの船の後で  $x_k$  トンの荷役を要する船が入港する確率は、

$$V_1(x_i) \times V_2(x_j) \times V_3(x_k) \dots\dots\dots (2-2.12)$$

となる。 $n$  の値が大きくなると、近似的に、

$$V_1(x) = V_2(x) = V_3(x) = V(x)$$

とみてさしつかえない。

故に荷役  $x_i$  トンに続いて  $x_j$  トンの船の入港する確率は、

$$V(x_i) \times V(x_j) \dots\dots\dots (2-2.13)$$

さらに  $x_i$  トン、 $x_j$  トンに続いて荷役  $x_k$  トンの船の入荷する確率は、

$$V(x_i) \times V(x_j) \times V(x_k) \dots\dots\dots (2-2.13)$$

神戸港における昭和 37 年の入港船舶および輸出貨物トン数は、前章 § 5 の表 2-1.33 および表 2-1.24 で示されている。すなわち、ニューヨーク航路を主とする埠頭では 536 隻、またヨーロッパ航路に割当てられた埠頭では 392 隻の入港船に対してサービスが要求される。ニューヨーク航路の場合、1 日平均入港隻数は、 $\lambda = \frac{N}{365} = \frac{536}{365} = 1.5$  隻となり、単位期間中の入港隻数の分布は平均値  $\lambda = 1.5$  なる分布をなす。

1 日当りの在港隻数がポアソン分布に従うという事実は、才 1 章 § 5 の 6) の(1)で述べたが、月末集中という特異現象を一応無視すれば、前章の § 6 の始めに述べたようにマクロ的に 1 日の入港隻数もポアソン分布に従うという

ことがいえる。一般に、自動車の到着やある飛行場における飛行機の発着など、交通現象がポアソン分布に従うことは広くいわれている。

神戸港において、入港隻数の分布について統計値はないが、以上の考察から、単位期間中の入港隻数  $n$  の分布が平均値  $\lambda = 1.5$  なるポアソン分布をすると仮定すれば、 $n$  隻入港する確率は、

$$P(n) = \frac{\lambda^n e^{-\lambda}}{n!} = \frac{1.5^n e^{-1.5}}{n!} \dots\dots\dots (2-214)$$

前章 § 6 の図 2-1.13 より  $S = 4$ ,  $\lambda = 1.5$   $P/S = 0.75$  に対応する  $\mu$  を求める と、 $\mu = 0.5$  隻となり、平均在港日数は  $1/\mu = 2$  となる。したがっていま在港日数を  $y$  とすれば、在港日数の  $y$  日なる確率は、

$$P(y) = \frac{2^y e^{-2}}{y!} \dots\dots\dots (2-215)$$

となる。

## §7 1 日当り上屋搬入量の推定

1) 上屋内に搬出入される経路ならびに貨物量日別分布と上屋内に貨物が陸上より搬入される状態を調べる。

保税上屋に搬出入される貨物の輸送状況を背後輸送機関別に調べると、表 2-2.4 のとおりである。上屋経由貨物（上屋を経由しないで保税倉庫あるいは保税工場へ搬出入された分については調査の対象となつてない）のうち、輸出にあつては表 2-2.5 に示すように 77.5 %。輸入については 59.4 %がトラック輸送であつて、トラック輸送の占める割合が非常に大きい。

艀中扱が相当量あるが、艀中扱い貨物は原則として他の品目の貨物と混載されていない大量かつ均質の貨物で、上屋に搬入することの不適當なマッチ・火薬などの危険物あるいは取り扱いの不便な重量物である。これを除いて上

屋に搬入される一日当り貨物運搬量については、つぎのように考える。

これらの貨物の上屋に対する搬出入は一定とはいえず、ある変動が予想される。これを確かめるために、実際に貨物を輸送する場合、積載予定日（入港日とする）の何日前から上屋に搬入をはじめるかを、神戸港才3突堤について統計的に資料を作成してみると、図2-2.3のごとく対数正規分布に近い分布を行なうことがわかる。（図2-2.3は才3突堤公共上屋〔K,L,M,N〕について、神戸税関の貨物搬入届より主要品目を取り出した結果である）。

現在貨物の滞留時間として最大3ヶ月間は認められるのであるが、15日以上は才1章の§1, 4)の(4)で述べたように敷料が高くつく。また、主要品目である繊維製品は予期生産は行なわないのが普通であるから、15日以上のは除外している。（事実大口は7日以内に積み込みを行なっており、15日以上も入れてあるのは小口品のみである。）

表2-2.6の(1) 貨物滞留日数表 (件数)

(神戸税関資料)

滞留日数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
綿布,毛織 毛製品	53	51	32	29	18	22	13	10	14	11	0	3	4	5	6
化学,人造 繊維製品	18	21	30	17	4	6	4	5	3	6	1	0	2	2	1
木製品	5	15	6	2	1	3	2	0	0	1	0	2	1	0	3
合 計	76	87	68	49	23	31	19	15	17	17	1	5	7	7	10
%	17.3	20.0	15.5	11.3	5.2	7.2	4.3	3.7	3.8	3.8	0.8	1.0	1.2	1.2	2.2



昭和31年 神戸港輸出・産地別輸出割合

品 目		3 1 年 税 関 統 計		輸 送 方 法			
				トラック	貨 車	船(上屋揚)	船(中級)
1	1) 獣 類			%	%	%	
	2) 鳥 類						
2	3) 米						
	4) 麦 類						
3	5) 鉱 油						
	6) 植 物 性 油	399					100
	7) その他油脂 (動物性油脂)	18,605					100
	8) 薬 品	(45,936)		(70)	(20)		(10)
	医 薬 品	2,245		100			
	無 機 薬 品	32,605		70	20		10
4	パ ラ フ イ ン	4,053		100			
	有 機 薬 品	3,233		60	30		10
	合 成 プ ラ ス テ ィ ッ ク 材 料	3,800		100			
5	9) 綿 花						
6	10) 生 糸	(1,900)	1,560.000		100		
7	11) 石 炭						
	12) コ ー ク ス						
	13) 燐 礦 石						
	14) 石 灰 石						
8	15) 土 石						
	16) その他礦物製品						
	17) 礦 石						
9	18) セ メ ン ト	56,263			25		75
	19) 鉄						100
	鉄 鋼 の 板	189,857					100
	" 線	5,532					
	その他の鉄鋼	56,679					
	20) 銅	0					
	21) 鉛	110					
	22) その他金属			50	40		10
	アルミニウム	1,408					
	亜 鉛	285					
	その他非鉄金属	97,104					
	23) 金 属 製 品			100			
	ワイヤー類	2,742					
	ボルトナット類	10,442					
	工 匠 具 類	5,158					
		(369,317)					
	24) 人 造 肥 料	83,388					100
11	25) その他肥料						100
	26) 材 木		34,000				100
12	27) 木 製 品 (合板)		107,558.000	80	15		5
	竹 材 及 藤 製 品	4,969					
13	28) 魚 獲 物 (鮮魚類)	1,254					
	29) 植 物						
14	30) 穀 粉						
	31) 茶		50,000	100			

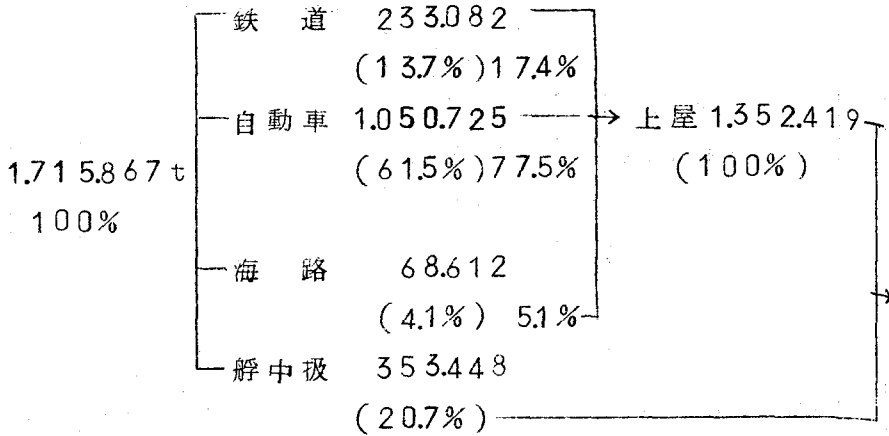
品名	31年税関統計		輸送方法			
			トラック	貨車	船(上屋揚)	船(中級)
32) 塩	t		%	%	%	%
33) 水産加工品			10	70	10	10
塩乾魚類	4.331					
鮮魚 "	9.109					
34) 飲食物	(88.652)		(15)	(72)	(3)	(10)
蔬菜	4.4328		10	70		20
果実(生鮮)	18.224			100		
"(調整)	10.565					
清酒		348.437 <sup>ℓ</sup>	100			
洋酒(ビール)		2,670.971 <sup>ℓ</sup>	100			
罐詰食料	7.339		15	70	15	
ミカシ						
イワシ						
煙草	286			100		
35) 皮毛骨牙類,同製品	95		100			
36) 染料	1.950		90	10		
37) 塗料	1.093		90	10		
38) 糸纒繩索および材料	(140.000)	(116.703.000)	75	20	5	
真綿糸くず	4.662	145.000				
ステープルファイバー		8.096.000				
織物のくず	27.725.0	27.725.000				
毛糸		5.407.000				
綿糸		18.043.000				
麻糸		325.000				
人絹糸		18.526.000				
スフ糸		34.632.000				
その他人造セニ糸		3.804.000				
39) 布帛および同製品	(610.000)	(510.512.000)	80	15	5	
綿織物(生地)		49.171.000				
"(サラン)		44.449.000				
"(その他)		11.562.3000				
絹織物		1.180.000				
毛 "		7.275.000				
麻 "		19.867.000				
人絹 "		66.999.000				
スフ "		17.598.5000				
綿メリヤス地		1.27.000				
人造セニメリヤス地		4.313.000				
漁網		1.461.000				
紙布		591.000				
ブランケット		6.139.000				
敷布, ナプキン		8.342.000				
40) 衣類履物,同製品			95		5	
肌着		5.596千ダース				
ハシカ		8.610 "				
靴		1.132 "				
手袋						
ボタ						

品 名	3 1 年 税 関 統 計	輸 送 方 法			
		トラック	貨車	船	空
		%	%	(上陸)	%
帽 子	5.7 2 3.0 0 0 個				
4 1) 製紙原料・同製品	(4 9.1 5 2)				
新 聞 用 紙	1 7.8 4 3	1 0	8 0	5	5
筆記用紙・印刷用紙	1 5.7 4 2				
その他の紙類	1 5.5 6 7				
4 2) 陶磁器・ガラス製品					
板 ガ ラ ス	4 5.1 6 7.0 0 0 f t z		7 0		3 0
ガ ラ ス 鏡	4 5.0 9 8 個				
4 3) 車輛時計・機械類		3 0	1 0		1 0
自 転 車	6.7 6 0 台				
鉄道・客車・貨車	1 4 輛				
発 電 機 電 動 機	1 1.9 1 7 個				
セ ン イ 機 械	8.5 7 4 t				
ミ シ ン	7 0 5.6 3 9 台	1 0 0			
ボールベアリング	6 8 5				
4 4) 飼 料		1 0 0			
4 5) 雑 品		9 0	5		5
マ ツ チ	1.2 8 7				1 0 0
頑 具	9.1 6 9	1 0 0			
ゴ ム・タ イ ヤ	8.7 6 3	1 0 0			
ゴ ム・チ ュ ー ブ	1.1 8 2	1 0 0			
クリスマス用光玉		1 0 0			
計	1.5 4 4.9 3 2 t				

税関総計のトン量は貨物の船積  
重量メトリックトン (M. ton)  
である。

表 2-25

昭和31年出の場合



昭和31年入の場合

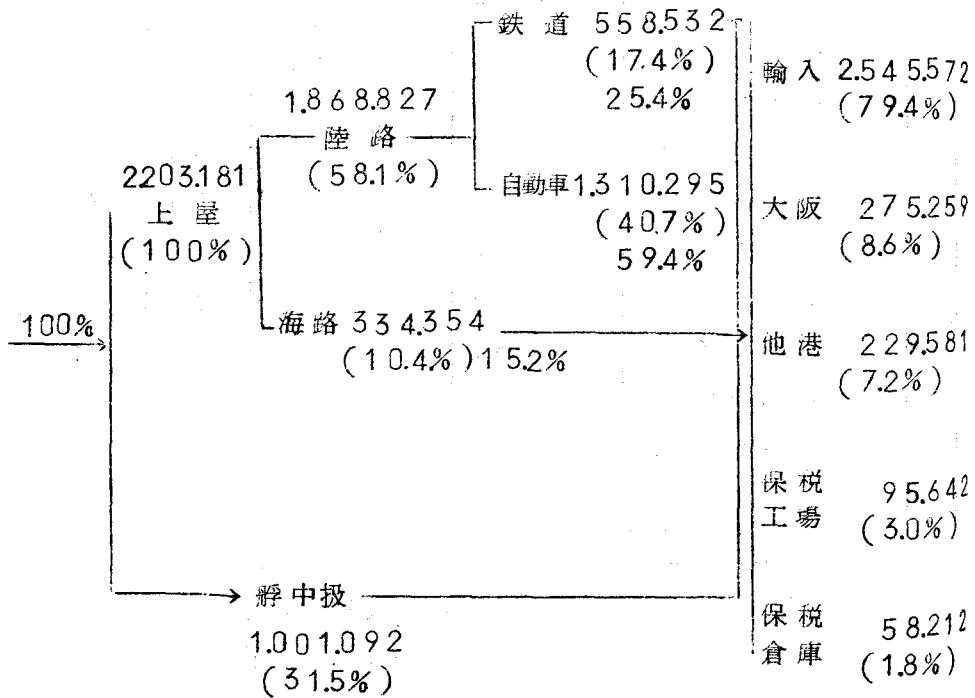


図 2-2.3

神戸港第3突堤における貨物滞留日数

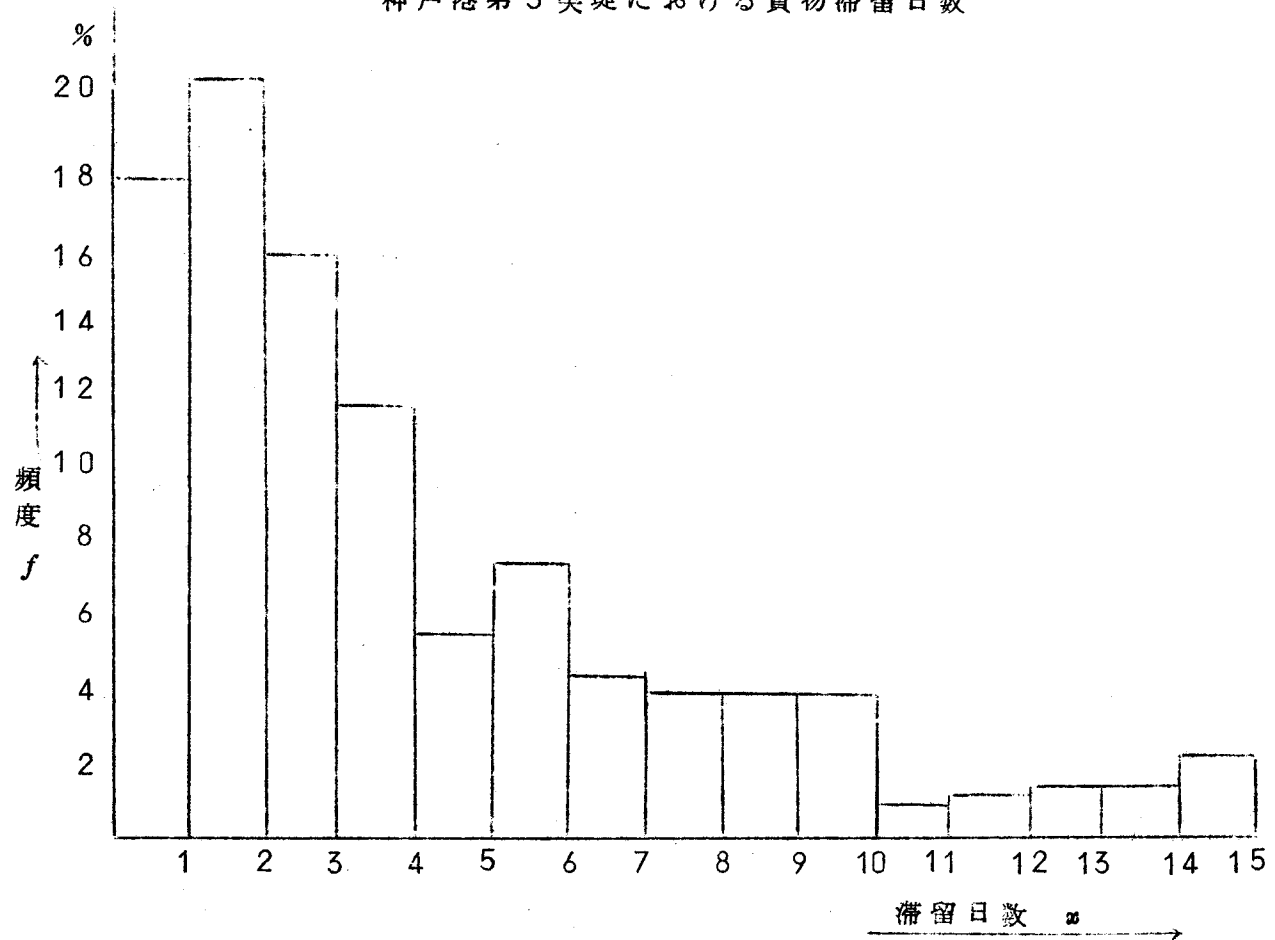


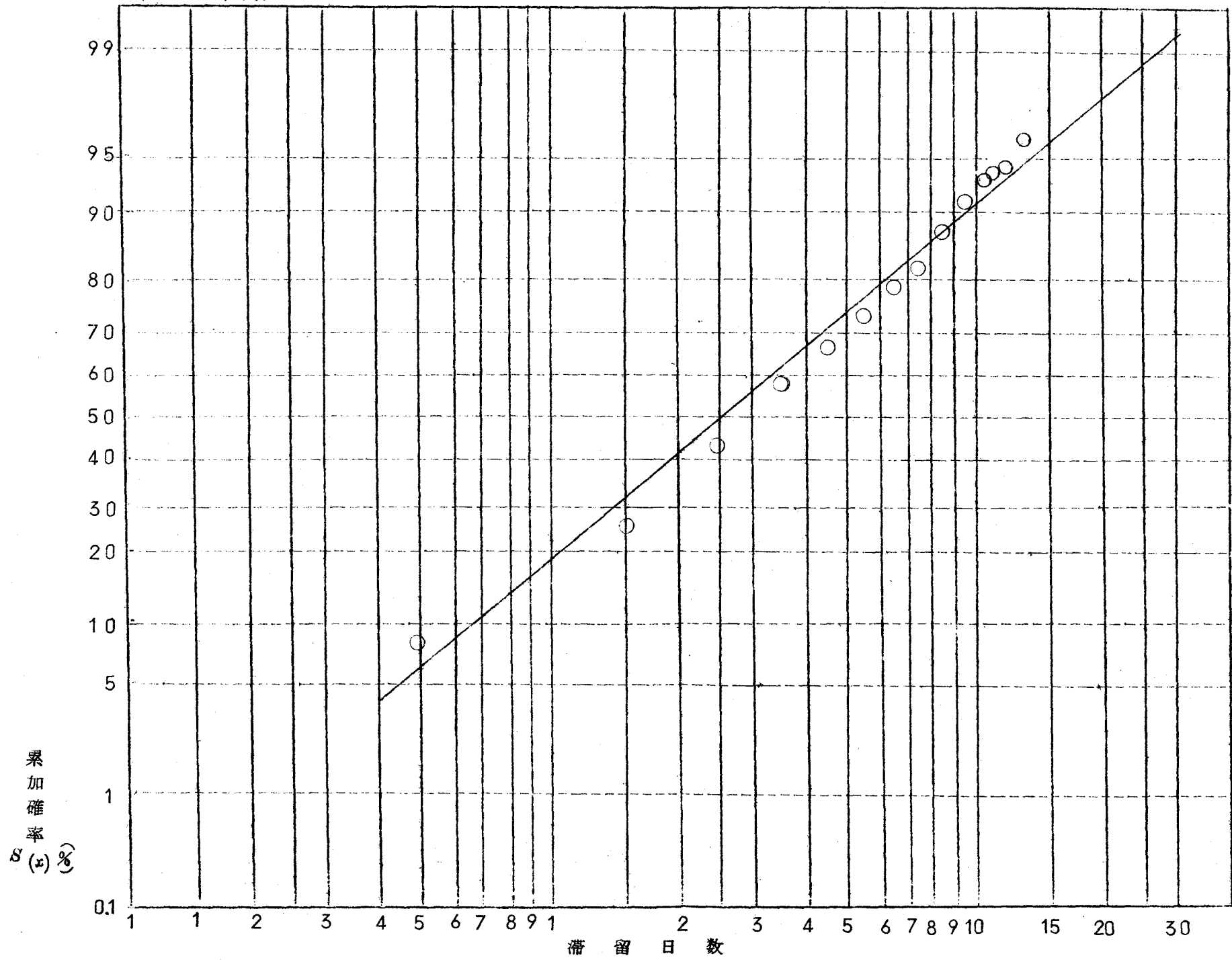
表 2.3.2.6 の(2)

$x_i$ 日	$x_i$ 日	$f_i$ %	$S_i$	$S_i' = \frac{1}{2} (S_{i-1} + S_i)$	摘 要
0~ 1	0.5	17.3	17.3	8.7	中央値 $S(x) = 50$ のときの $x_{50} = 2.65$ (日) $S(x) = 84.1$ のときの $x_{84.1} = 7.6$ (日) したがって $\sigma = \log \frac{x_{84.1}}{x_{50}} = \log \frac{7.6}{2.65} = 0.2718$
~ 2	1.5	20.0	37.3	27.3	
~ 3	2.5	15.5	52.8	45.1	
~ 4	3.5	11.3	64.1	58.5	
~ 5	4.5	5.2	69.3	66.7	
~ 6	5.5	7.2	76.5	72.9	
~ 7	6.5	4.3	80.8	78.7	
~ 8	7.5	3.7	84.5	82.7	
~ 9	8.5	3.8	88.3	86.4	
~10	9.5	3.8	92.1	90.2	
~11	10.5	0.8	92.9	92.5	
~12	11.5	1.0	93.9	93.4	
~13	12.5	1.2	95.1	94.5	
~14	13.5	1.2	96.3	95.7	
~15	14.5	2.2	98.5	77.4	

error 1.5%

図 2-24 神戸港第3突堤における貨物滞在日数確率分布

(対数確率紙)



このようなことは，上屋の使用料が3日間無料であり，15日までは比較的低廉であることから生じるものと思われるが，こうしたすう勢は今後とも続くであろう。

しかし，背後輸送機関は，第二阪神国道；名神高速道路と摩耶埠頭との関係および貨物自動車への依存度の漸増の影響から，およそつぎのように内容が変わるものと推定される。これは摩耶埠頭で取り扱う貨物を品目別に調べた結果を取りまとめたものであるが，それによると，

輸出	鉄 道	13.4%	(2-2.16)
	自 動 車	81.5%	
	海 送	5.1%	
輸入	鉄 道	25.4%	
	自 動 車	59.4%	
	海 送	15.2%	

となつている。これと表2-2.5を比較すると，つぎのような変化がみられる。すなわち，輸入貨物については，変化をみせていないが，輸出貨物においては，自動車輸送が4%増加し；貨車輸送がそれだけ減している。

## 2) 上屋内に搬出入される貨物量の時間別分布

1日の上屋搬出入量が決定した後に，その貨物量が1日にどのような運行状態を示すかが問題となる。埠頭上においては，少なくともピークの運行量に対処できる上屋の容量を必要とする。主体となる自動車輸送量について調べた結果は，つぎのとおりである。すなわち，神戸税関において調査した交通調査の結果を整理すると，

- a) 突堤における自動車の運行は，7<sup>h</sup>.00～19<sup>h</sup>.00の間で占める分が，貨物自動車99.0%，三輪自動車98.5%，乗用自動車75.0%である。

b) 各突堤とそれを結ぶ各通路の運行状態はほぼ一致している。

c) 1日の時間的分布は図2-2.5のごとくなり、総体的にみて午前10.00時頃にピークを示す。トラックにおいてその値は、平均値の1.8～2.0倍である。

d) 車種別にその運行量をみると、7～19時の12時間分の割合は、貨物自動車12.7%、三輪自動車21.2%、乗用自動車22.0%、スクーターオートバイ44.1%である。

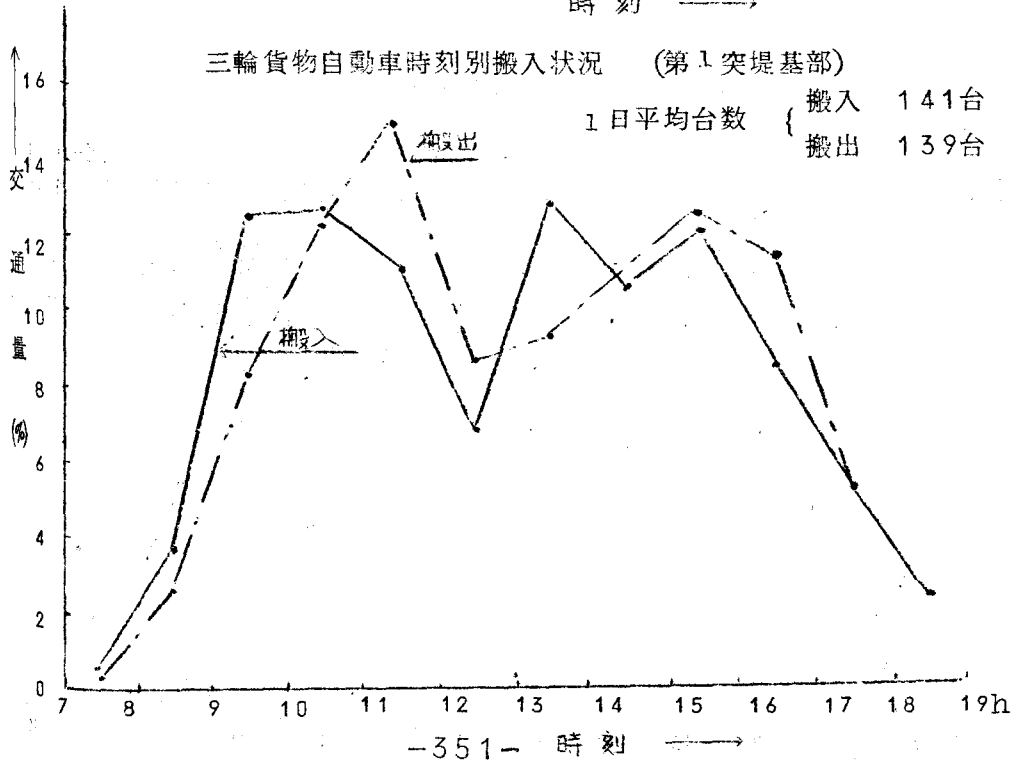
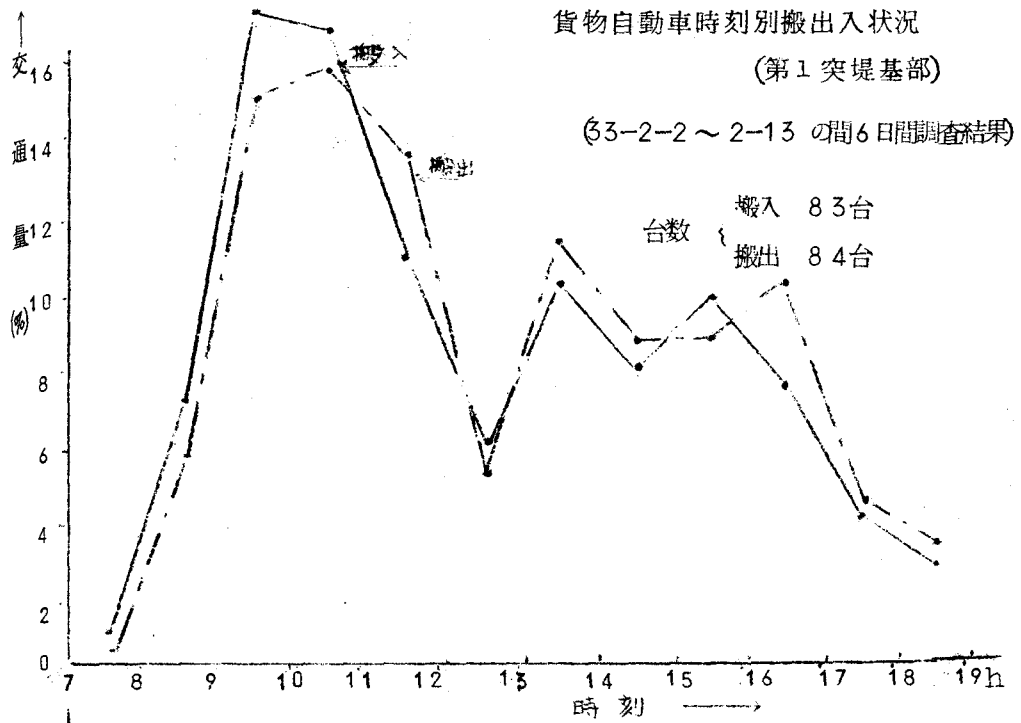
e) 突堤および通路における出入の時間的ズレは、貨物自動車および三輪車では30分～1時間、乗用車ではほとんどズレを生じていない。

f) けい船数と日運行量は、表2-2.7に示すように直接関係はない。

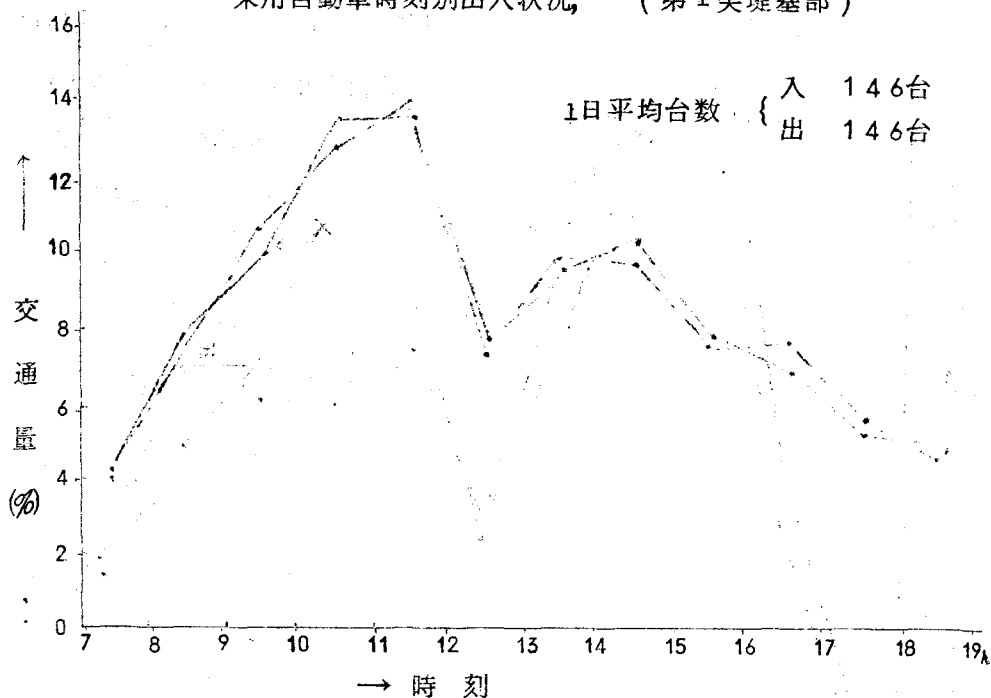
貨物の運行には波動があることが、表2-2.7からもはつきりする。摩耶埠頭においても、この傾向は変わるとは考えられないから、そのまま続くと思われることにする。



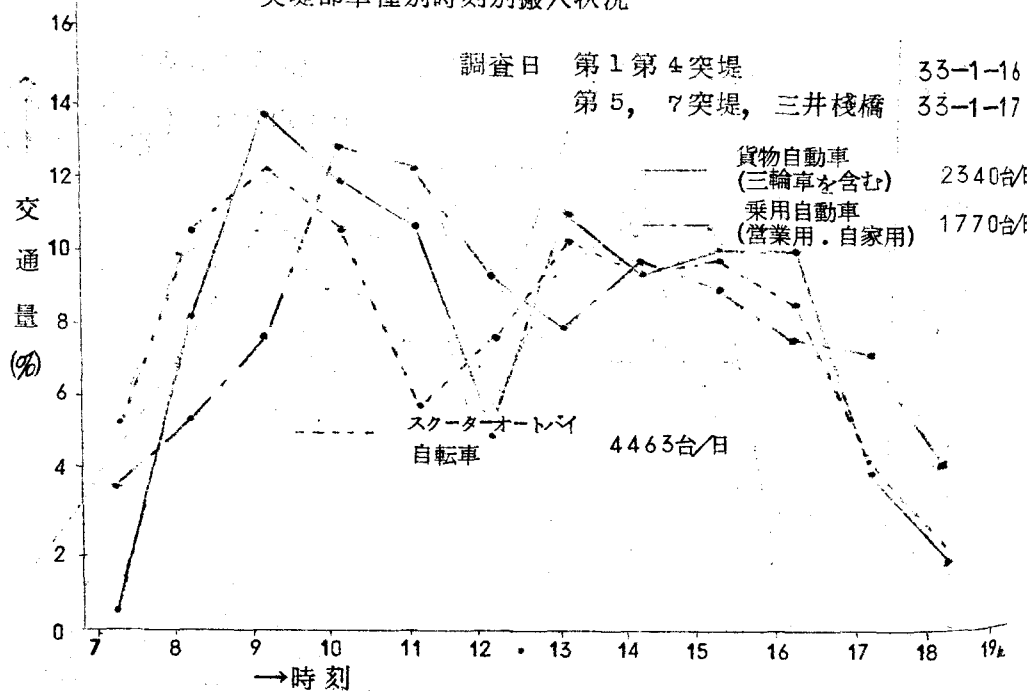
図2-2.5 神戸税関資料による各突堤時刻別交通量調査表



乗用自動車時刻別出入状況 (第1突堤基部)



突堤部車種別時刻別搬入状況



通路部車種別通過状況（入のみ）

調査日 3.3.1.20

場所 小野浜，税関本庁，第1波止場，京橋各通路

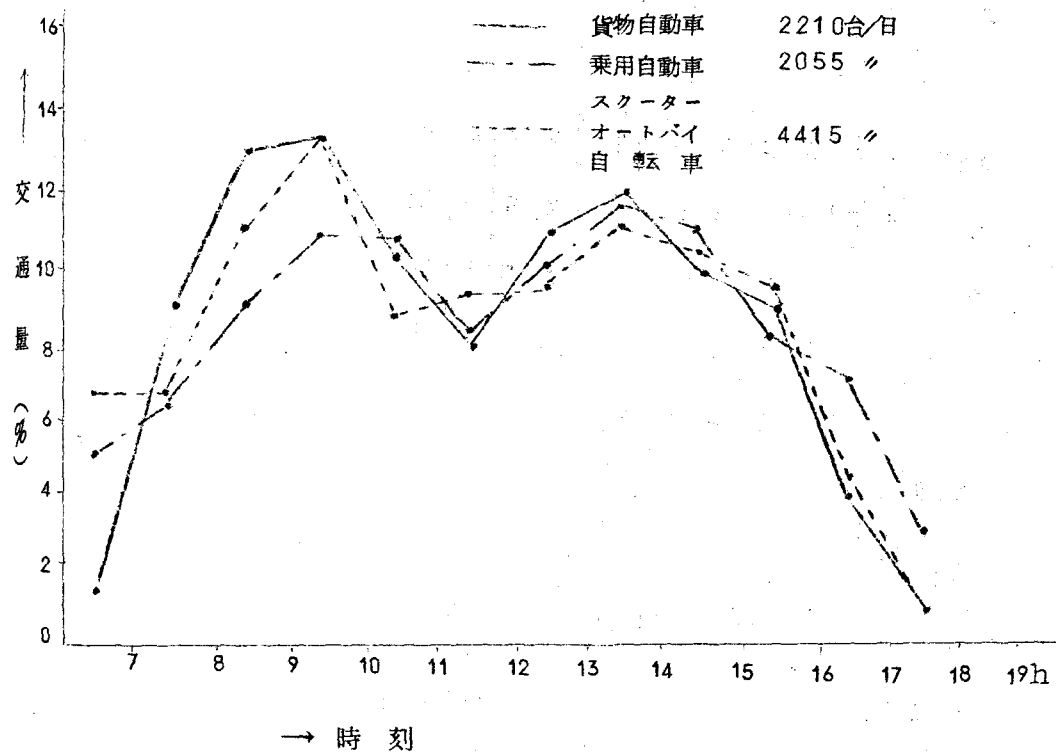
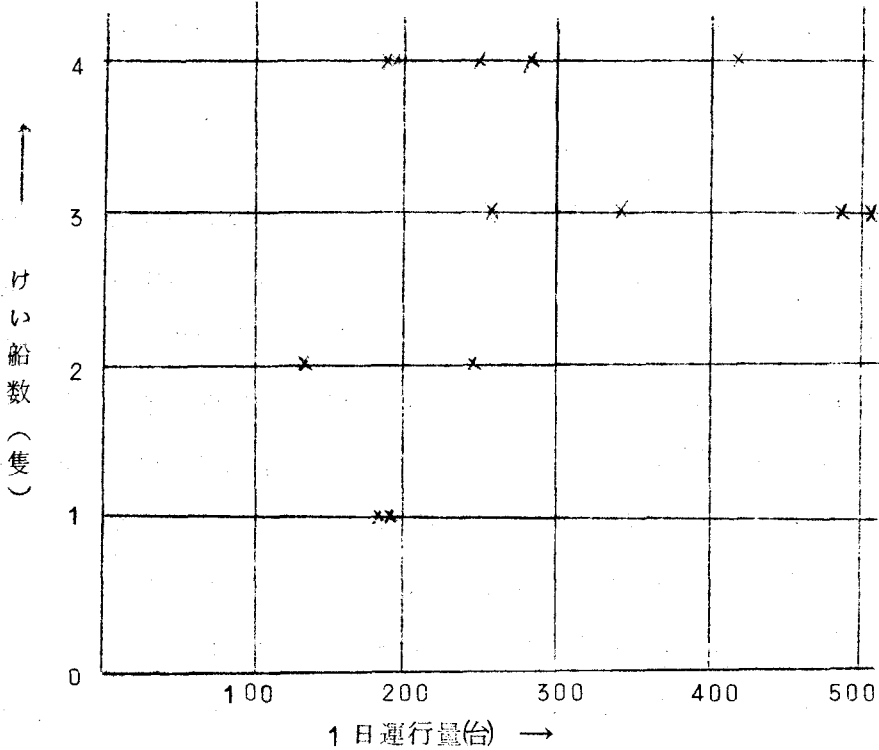


表2-2.7 いし船と日運行量

〔貨物自動車(三輪車を含む)〕

場 所	調査日	船数	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	計
三井棧橋	33-1-17	1		5	13	30	14	13	18	25	14	31	29	5	0	197
第1突堤	33-2-5	1		0	10	38	25	21	8	28	18	20	17	8	0	193
第7突堤	33-1-17	2		1	28	25	20	15	4	10	5	12	6	3	4	133
第1突堤	33-2-8	2		2	17	35	46	27	14	33	16	29	13	8	2	242
第2突堤	33-1-16	3		3	9	33	29	39	15	26	23	25	28	15	11	256
第3突堤	33-1-16	3		9	33	50	31	33	15	45	31	35	39	17	6	343
第4突堤	33-1-16	3		9	42	66	81	57	21	52	41	56	47	29	2	503
第5突堤	33-1-17	4		13	58	71	58	57	25	46	66	40	43	10	0	487
第1突堤	33-1-16	4		4	19	51	51	41	27	55	44	38	44	22	24	420
"	33-2-2	4		2	3	23	23	28	24	25	27	17	11	7	3	193
"	33-2-7	4		1	13	23	32	24	17	20	15	22	19	5	2	193
"	33-2-11	4		4	4	34	30	28	11	23	28	31	19	14	13	247
"	33-2-13	4		2	20	39	35	20	14	30	25	32	30	22	13	283
平 均																
		1		3	17	34	20	17	13	27	16	26	23	7	0	195
		2		2	23	30	33	21	9	22	11	21	10	6	3	188
		3		9	37	55	50	47	19	42	40	39	39	23	5	397
		4		3	12	34	34	28	19	31	28	28	25	14	11	267

図 2 - 2.6 けい船数と1日運行台数



一般的に見ると，全体としてけい船パースが増加するに従って自動車の運行も増加するのではないかと予想されるが，実際には表 2 - 2.7 のように直接関係ないことを示している。この関係を図示したのが図 2 - 2.6 である。

表 2 - 2.7 はけい船荷役量を要素として含んでいないし，また突堤も違い，調査日も違うので，このまま比較するのは無理な点もあるが，図 2 - 2.3 にも示しているように，上屋に搬入する時期は入港日の 1 ～ 2 日前が多く，従ってけい船時のかけ込み搬入分はそれほど多くないのであるからけい船数と運行量は直接関係がないと見るのが妥当と思われる。

以上のことは，上屋が十分なスペースを持ち，接岸船のバーシング頻度および荷役量の変動に対し，リザーバーとしての十分の機能を果す以上，1 日における時刻別上屋搬入量は定常的となり，接岸船の平均サイクルタイムのみに

支配されることを示している。このことは、上屋の容量をきめる場合のみならず、臨港交通施設の規模をきめるのにも重要な事項である。

## § 8 上屋の収容能力の推定

上屋の規模を決定するに際し、あいまいな回転率などという概念を用いず、正しく現象を把握し、真に上屋の機能を発揮するよう計画するという立場からいろいろと考察してきたのであるが、前節までの所論で明らかにされたことは、上屋の理想的規模というものは、荷役船の荷の取り扱い量、したがって船日数および入港分布といったもののほかに、上屋の管理運営の態様、すなわちたとえば保管料といったものも、大きく影響していることがわかった。保管料が現行のように3日間無料、15日までは比較的低率といった政策を持続する限り、現在のような貨物の搬入様式は変わらないであろうが、もしこれが変わるとなると、上屋の規模も変わってくる。そこで、料率については、今後も変わらないという前提をおけば、陸上からの搬入量の動態的考察は、仕分け・荷さばき・上屋の入口の数・引込線の数・道路・通路などの設計に用いられるが、荷の仮置・保管用のスペースの算定は、§ 6で述べた入港船の状態によつてきまる。すなわち、このスペースをせまくすると、上屋の建設費は少なくすむが、大量の貨物を荷役しなければならない船が続いて入港してきたとき、それだけの荷を保管しておくだけの余地がないことになる。しかしこのようなことが、まれにしか起きないにもかかわらず、このような現象に対して対応できる上屋の規模をきめておくことは、国民経済的見地からするならば、不経済といわねばならない。すなわち、われわれは回転率というあいまいな概念を用いず、第1編に述べた目的と立場を再確認することによつて、第1章のバース割り当ての計画や第2章の荷

役機械の規模の決定に行なつたときと同様に、いわゆる適正な上屋の規模を推定することができるのである。

理論上 § 6 に述べたように、いまニューヨーク航路の船は  $\lambda = 1.5$  なるようなポアソン分布で入港してくる、と仮定することができる。この船に積荷される貨物量は、§ 6 で述べたように  $X_i, \dots$  トンで、その確率  $V(x)$  は Slade 型の分布型に従う。1 船の在港日数  $Y$  もまたポアソン分布に従い、その平均はニューヨーク航路の場合 2 日であるが、入港船の積み卸し量にも関係する。1 日の積み卸しトン数は、500 トンから 1,300 トンまでである。陸上交通機関により上屋内に搬出入される貨物量は、上屋の料率政策の影響を受けて、積み卸しの直前、直後の 3 日間に積み卸し量の 50% 近くに達する。その日別の分布は、対数正規型である。1 日における時刻分布は埠頭の各バースを系として考えたとき、午前と午後にピークを有する双峰性を有する関数型で表示されるが、当港交通施設の計画の場合と異なり上屋の計画の場合定常的である、とすることができる。1 年中のある特定の日における特定のバース上の上屋に保管さるべき貨物量は、以上の動態的な確率事象の同時確率と考えて、その積和として求められるが、理論式を導くことは容易でない。そこで、以上述べたような諸条件を満足するモデルを作成し、いくつか試行実験を行ない、1 日における上屋の保管面積  $S_2$  の分布を考察することにする。

表 2-2.8 は、図 2-2.2 で図示した 1 隻当り積荷トンの分布関数型に従い、00 から 99 までの数字をそれぞれ振り当てたものである。分布関数は Slade 型である。表 2-2.9 は、式 2-2.15 の分布関数、すなわち 1 隻当りの在港日数の確率分布をポアソン型とみなして、同じく 00 ~ 99 までの乱数を振り当てたものである。こうすることによつて 1 日当りの荷役量

は、500トン～1,300 トンとなり、神戸港の荷役状況とよく一致する。  
 積荷 $\chi_i$  トンを要する船の入港する確率は $V(\chi_i)$  つづいて積荷 $\chi_j$  トンの  
 船の入港する確率は $V(\chi_j)$ 、以下同様であるが、その態様を表2-2.10の  
 摘要に示した。 $\chi_i$  トンの積荷は、その船の入港前15日前から上屋内に  
 搬入され、その船の入港時には全量が搬入されている。そして上屋内には、  
 つぎの入港船 $\chi_j$  トンの荷の1部が搬入されているが、その荷は $\xi_j$  日分に相  
 当する。

表2-2.8 1隻当り積荷トン分布 (Slade 型)

積荷トン	百分率%	乱数番号割当	模型の総積荷トン	摘 要
$\chi_i$	$V(\chi_i)$			
500	36.4	00~35	18,000	図2-2.2 参照
1,000	23.1	36~58	23,000	
2,000	22.3	59~80	44,000	
3,000	9.4	81~89	27,000	
4,000	5.5	90~95	24,000	
5,000	2.2	96~97	10,000	
6,000	0.8	98	6,000	
7,000	0.3	99		
8,000	0.1		8,000	
9,000	—			
		合 計	160,000	1隻平均=1,600

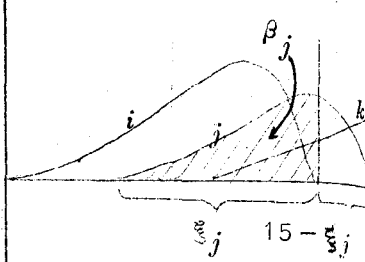


表 2 - 2.9 平均在港日数 2 日のときのポアソン分布

$$1/\mu = 2 \quad P(y) = \frac{2^y e^{-2}}{y!}$$

在港日数 $y$	比率 %	累加 %	乱数番号割当	摘 要
0	13.5	13.5	00~13	
1	27.1	40.6	14~40	
2	27.1	67.7	41~67	
3	18.0	85.7	68~85	
4	9.0	94.7	86~94	
5	3.6	98.3	95~98	
6	1.2	99.5	99	
7	0.3	99.8	—	
8	0.1	99.9	—	
9	0.0	100.0	—	

表 2 - 2.1 0 対数正規分布関数部分和

滞留日数 $\xi_i$	15- (滞留日数) $15 - \xi_i$	乗 数 $\beta_i$	摘 要
15	0	1,000	<p>図 2 - 2.4 参照</p> 
14	1	0,820	
13	2	0,600	
12	3	0,450	
11	4	0,350	
10	5	0,270	
9	6	0,220	
8	7	0,180	
7	8	0,150	
6	9	0,120	
5	10	0,100	
4	11	0,080	
3	12	0,070	
2	13	0,060	
1	14	0,050	
0	15	0,040	

以下同様に、第3船、すなわち  $V(x_k)$  なる確率を有する  $x_k$  トンの積荷を要する船の積荷の1部もすでに搬入されている。したがって、1年のある日の上屋の保管量は、これらの搬入されている貨物の総和である。

表 2 - 2.1 1 は、 $V(x)$  の確率をもつ積荷を要する船の入港する系を考え、ラムダムにその順序を乱数表によつてきめさせて、ある日の上屋の保管量の

表 2-2. 11

Monte Carlo 法による上屋保管量 (トン/バース)

A 項目 番号	B 乱数の順序 (北緯緯度統計数値表より)							C iトンの荷役を行なう船の順序 (表 2-2.8 より)							D 各船の在港日数 y (表 2-2.9 より)							E Cに乗ずる係数 $\beta_i$ (表 2-2.10 より)							F 第1船の荷役を始めるとき搬入さ れている貨物量 ( $C_i \times E_i$ )							G 保管して いる貨物量 (各バース の合計)	要 求
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7		
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7		
1	73	63	68	77	74	86	88	2000	2000	2000	2000	2000	3000	3000	3	2/5	3/8	3/11	3/14	4/18	4/22	1	0.45	0.27	0.15	0.08	0.05		2000	900	540	300	160	300		4,200	Min
2	96	62	39	44	05	50	47	5000	2000	1000	1000	500	1000	1000	5	2/7	1/8	2/10	0/10	2/12	2/14	1	0.27	0.18	0.15	0.10	0.10	0.07	5000	540	180	150	150	100	70	6,030	
3	55	91	60	74	90	82	97	1000	4000	2000	2000	4000	3000	5000	2	4/6	2/8	3/11	4/15	3/18	5/23	1	0.60	0.22	0.15	0.08	0.04		1000	2400	440	300	320	120		4,580	
4	58	56	95	28	53	05	18	1000	1000	4000	500	1000	500	500	2	2/4	5/9	1/10	2/12	0/12	1/13	1	0.60	0.35	0.12	0.10	0.07	0.07	1000	600	1400	60	100	35	35	3,230	
5	87	23	47	78	43	02	50	3000	500	1000	2000	1000	500	1000	4	1/5	2/7	3/10	2/12	0/12	2/14	1	0.35	0.27	0.18	0.10	0.07	0.07	3000	175	270	360	100	35	70	4,010	
6	59	02	39	27	48	18	58	2000	500	1000	500	1000	500	1000	2	0/2	1/3	1/4	2/6	1/7	2/9	1	0.60	0.60	0.45	0.35	0.22	0.18	2000	300	600	225	350	110	180	3,765	
7	73	67	37	61	48	51	95	2000	2000	1000	2000	1000	1000	4000	3	2/5	1/6	2/8	2/10	2/12	5/17	1	0.45	0.27	0.22	0.15	0.10	0.07	2000	900	270	440	150	100	280	4,140	
8	67	92	67	70	65	45	73	2000	4000	2000	2000	2000	1000	2000	2	4/6	2/8	3/11	2/13	2/15	3/18	1	0.60	0.22	0.15	0.08	0.06	0.04	2000	2400	440	300	160	60	80	5,440	
9	79	78	47	81	61	35	75	2000	2000	1000	3000	2000	500	2000	3	3/6	2/8	3/11	2/13	1/14	3/17	1	0.45	0.22	0.15	0.08	0.06	0.05	2000	900	220	450	160	30	100	3,860	
10	15	31	34	58	32	20	36	500	500	500	1000	500	500	1000	1	1/2	1/3	2/5	1/6	1/7	1/8	1	0.82	0.60	0.45	0.27	0.22	0.18	500	410	300	450	135	110	180	2,085	
11	97	34	28	09	47	07	75	5000	500	500	500	1000	500	2000	5	1/6	1/7	0/7	2/9	0/9	3/12	1	0.27	0.22	0.18	0.18	0.12	0.12	5000	135	110	90	180	60	240	5,815	
12	56	78	37	97	47	54	10	1000	2000	1000	5000	1000	1000	500	2	3/5	1/6	5/11	2/13	2/15	0/15	1	0.60	0.27	0.22	0.08	0.06	0.04	1000	1200	270	100	80	60	20	3,730	
13	20	34	70	08	29	16	29	500	500	2000	500	500	500	500	1	1/2	3/5	0/5	1/6	1/7	1/8	1	0.82	0.60	0.27	0.27	0.22	0.18	500	410	1200	135	135	110	90	2,445	
14	70	00	44	90	48	39	38	2000	500	1000	4000	1000	1000	1000	3	0/3	2/5	4/9	2/11	1/12	1/13	1	0.45	0.45	0.27	0.12	0.08	0.07	2000	225	450	1080	120	80	70	4,025	
15	16	54	34	96	88	20	01	500	1000	500	5000	3000	500	500	1	2/3	1/4	5/9	4/13	1/14	0/14	1	0.82	0.45	0.35	0.12	0.06	0.05	500	820	225	1750	360	30	25	3,710	
16	56	33	86	56	76	97	34	1000	500	3000	1000	2000	5000	500	2	1/3	4/7	2/9	3/12	5/17	1/18	1	0.60	0.45	0.18	0.12	0.07		1000	300	1350	180	240	350		3,420	
17	30	41	08	30	80	97	71	500	1000	500	500	2000	5000	2000	1	2/3	0/3	1/4	3/7	5/12	3/15	1	0.82	0.45	0.45	0.35	0.18	0.07	500	820	225	225	700	900	140	3,510	
18	08	94	76	16	61	09	71	500	4000	2000	5000	2000	500	2000	0	4/4	3/7	5/12	2/14	0/14	3/17	1	1.00	0.35	0.18	0.07	0.05	0.05	500	4000	700	900	140	25	100	6,365	
19	88	77	93	08	52	08	78	3000	2000	4000	500	1000	500	2000	4	3/7	4/11	0/11	2/13	0/13	3/16	1	0.35	0.18	0.08	0.08	0.06	0.06	3000	700	720	40	80	30	120	4,690	
20	82	73	96	05	78	89	76	3000	2000	5000	500	2000	3000	2000	3	3/6	5/11	0/11	3/14	4/18	3/21	1	0.45	0.22	0.08	0.08	0.05		3000	900	1100	40	160	150		5,350	
21	37	72	73	26	72	10	01	1000	2000	2000	500	2000	500	500	1	3/4	3/7	1/8	3/11	0/11	0/11	1	0.82	0.35	0.18	0.15	0.08	0.08	1000	1640	700	90	300	40	40	3,810	
22	65	50	56	97	94	72	91	2000	1000	1000	5000	4000	2000	4000	2	2/4	2/6	5/11	4/15	3/18	4/22	1	0.60	0.35	0.22	0.08	0.04		2000	600	350	1100	320	80		4,450	
23	90	05	24	93	28	20	26	4000	500	500	4000	500	500	500	4	0/4	1/5	4/9	1/10	1/11	1/12	1	0.35	0.35	0.27	0.12	0.10	0.08	4000	175	175	1080	60	50	40	5,580	
24	89	38	01	62	93	88	39	3000	1000	500	2000	4000	3000	1000	4	1/5	0/5	2/7	4/11	4/15	1/16	1	0.35	0.27	0.27	0.18	0.08	0.04	3000	350	135	540	720	240	40	5,025	

A		B						C							D							E							F							G
項目 船名 船位 番号	1	乱数の順序 (北川新編統計数値表より)						トン荷役を行なう船の順序 (表 2-2.8 より)							各船の在港日数 $y$ (表 2-2.9 より)							C に乗ずる係数 $\beta_i$ (表 2-2.10 より)							第 1 船の荷役を始めるとき搬入されている貨物量 ( $C_i \times E_i$ )							保管している貨物量 (F各欄の合計)
		2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	
51	11	48	35	07	66	66	86	500	1000	500	500	2000	2000	3000	0	2/2	1/3	0/3	2/5	2/7	4/11	1	100	060	045	045	027	018	500	1000	300	225	900	540	540	4,005
52	10	58	13	89	28	91	01	500	1000	500	3000	500	4000	500	0	2/2	0/2	4/6	1/7	4/11	0/11	1	100	060	060	022	018	008	500	1000	300	1800	110	720	40	4,470
53	32	43	64	05	37	50	27	500	1000	2000	500	1000	1000	500	1	2/3	2/5	0/5	1/6	2/8	1/9	1	082	045	027	027	022	015	500	820	900	135	270	220	75	2,920
54	73	84	05	28	30	46	06	2000	3000	500	500	500	1000	500	3	3/6	0/6	1/7	1/8	2/10	0/10	1	045	022	022	018	015	010	2000	1350	110	110	90	150	100	3,910
55	10	18	20	39	49	18	66	500	500	500	1000	1000	500	2000	0	1/1	1/2	1/3	2/5	1/6	2/8	1	100	082	060	045	027	022	500	500	410	600	450	135	440	3,035
56	15	68	02	91	16	45	59	500	2000	500	4000	500	1000	2000	1	3/4	0/4	4/8	1/9	2/11	2/13	1	082	035	035	015	012	008	500	1640	175	1400	75	120	160	4,070
57	36	11	27	39	66	55	60	1000	500	500	1000	2000	1000	2000	1	0/1	1/2	1/3	2/5	2/7	2/9	1	082	082	060	045	027	018	1000	410	410	600	900	270	360	3,950
58	67	07	96	13	50	43	26	2000	500	5000	500	1000	1000	500	2	0/2	5/7	0/7	2/9	2/11	1/12	1	060	060	018	018	012	008	2000	300	3000	90	180	120	40	5,730
59	55	67	57	56	68	18	74	1000	2000	1000	1000	2000	500	2000	2	2/4	2/6	2/8	3/11	1/12	3/15	1	060	035	022	015	008	007	1000	1200	350	220	300	40	140	3,250
60	91	12	87	45	58	93	17	4000	500	3000	1000	1000	4000	500	4	0/4	4/8	2/10	2/12	4/16	1/17	1	035	035	015	010	007		4000	175	1050	150	100	280		5,755
61	68	33	09	37	51	22	38	2000	500	500	1000	1000	500	1000	3	1/4	0/4	1/5	2/7	1/8	1/9	1	045	035	035	027	018	015	2000	225	175	350	270	90	150	3,260
62	02	42	21	74	04	44	72	500	1000	500	2000	500	1000	2000	0	2/2	1/3	3/6	0/6	2/8	3/11	1	100	060	045	022	022	015	500	1000	300	900	110	220	300	3,330
63	75	33	93	52	15	99	96	2000	500	4000	1000	500	8000	5000	3	1/4	4/8	2/10	1/11	6/17	5/22	1	045	035	015	010	008		2000	225	1400	150	50	640		4,465
64	77	89	62	58	66	99	55	2000	3000	2000	1000	2000	8000	1000	3	4/7	2/9	2/11	2/13	6/19	2/21	1	045	018	012	008	006		2000	1300	360	120	160	480		4,470
65	63	48	11	06	05	31	43	2000	1000	500	500	500	500	1000	2	2/4	0/4	0/4	0/4	1/5	2/7	1	060	035	035	035	035	027	2000	600	175	175	175	175	270	3,570
66	85	10	36	87	98	50	03	3000	500	1000	3000	6000	1000	500	3	0/3	1/4	4/8	5/13	2/15	0/15	1	045	045	035	015	006	004	3000	225	450	1050	900	60	20	5,705
67	45	29	62	92	50	62	04	1000	500	2000	4000	1000	2000	500	2	1/3	2/5	4/9	2/11	2/13	0/13	1	060	045	027	012	008	006	1000	300	900	1080	120	160	30	3,590
68	19	65	43	48	90	70	64	500	2000	1000	1000	4000	2000	2000	1	2/3	2/5	2/7	4/11	3/14	2/16	1	082	045	027	018	008	005	500	1640	450	270	720	160	100	3,840
69	56	21	99	99	58	08	56	1000	500	8000	8000	1000	500	1000	2	1/3	6/9	6/15	2/17	0/17	2/19	1	060	045	012	004			1000	300	3600	960	40			5,900
70	26	92	19	74	52	03	62	500	4000	500	2000	1000	500	2000	1	4/5	1/6	3/9	2/11	0/11	2/13	1	082	027	022	012	008	008	500	3280	135	440	120	40	160	4,675
71	94	75	26	33	52	66	09	4000	2000	500	500	1000	2000	500	4	3/7	1/8	1/9	2/11	2/13	0/13	1	035	018	015	012	008	006	4000	700	90	75	120	160	30	5,175
72	75	52	72	22	70	18	33	2000	1000	2000	500	2000	500	500	3	2/5	3/8	1/9	3/12	1/13	1/14	1	045	027	015	012	007	006	2000	450	540	75	240	35	30	3,370
73	55	65	19	05	43	92	11	1000	2000	500	500	1000	4000	500	2	2/4	1/5	0/5	2/7	4/11	0/11	1	060	035	027	027	018	008	1000	1200	175	135	270	720	40	3,540
74	02	16	56	58	12	27	47	500	500	1000	1000	500	500	1000	0	1/1	2/3	2/5	0/5	1/6	2/8	1	100	082	045	027	027	022	500	500	820	450	135	135	220	2,760
75	34	98	39	36	26	65	59	500	6000	1000	1000	500	2000	2000	1	5/6	1/7	1/8	1/9	2/11	2/13	1	082	022	018	015	012	008	500	4920	220	180	75	240	160	6,295
76	28	69	11	08	99	60	04	500	2000	500	500	8000	2000	500	1	3/4	0/4	0/4	6/10	2/12	0/12	1	082	035	035	035	010	007	500	1640	175	175	2800	200	35	5,525

項目 試験番号 船名	B 乱数の順序 (北川新編統計数値表より)							C トンの荷役を行なう船の順序 (表 2-2.8 より)							D 各船の在港日数 $y$ (表 2-2.9 より)							E C に乗ずる係数 $\beta_i$ (表 2-2.10 より)							F 第1船の荷役を始めるとき搬入 されている貨物量 ( $C_i \times E_i$ )							G 保管して る貨物量 (F各欄 の合計)
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	
25	43	7	95	77	89	65	94	1,000	2,000	4,000	2,000	3,000	2,000	4,000	2	3/5	5/10	3/13	4/17	2/19	4/23	1	0.60	0.27	0.10	0.06			1,000	1,200	1,080	200	180			3,660
26	43	55	25	72	54	80	28	1,000	1,000	500	2,000	1,000	2,000	500	2	2/4	1/5	3/8	2/10	3/13	1/14	1	0.60	0.35	0.27	0.15	0.10	0.06	1,000	600	175	540	150	200	30	2,695
27	66	86	30	31	75	16	43	2,000	3,000	500	500	2,000	500	1,000	2	4/6	1/7	1/8	3/11	1/12	2/14	1	0.60	0.22	0.18	0.15	0.08	0.07	2,000	1,800	110	90	300	40	70	4,410
28	17	60	77	16	87	67	18	500	2,000	2,000	500	3,000	2,000	500	1	2/3	3/6	1/7	4/11	2/13	1/4	1	0.82	0.45	0.22	0.18	0.08	0.06	500	1,640	900	110	540	160	30	3,880
29	29	25	87	84	00	29	32	500	500	3,000	3,000	500	500	500	1	1/2	4/6	3/9	0/9	1/10	1/11	1	0.82	0.60	0.22	0.12	0.12	0.10	500	410	1,800	660	60	60	50	3,540
30	66	60	87	56	56	29	99	2,000	2,000	3,000	1,000	1,000	500	8,000	2	2/4	4/8	2/10	2/12	1/13	6/19	1	0.60	0.35	0.15	0.10	0.07	0.06	2,000	1,200	1,050	150	100	35	480	5,015
31	41	43	98	99	01	38	99	1,000	1,000	6,000	8,000	500	1,000	8,000	2	2/4	5/9	6/15	0/15	1/16	6/22	1	0.60	0.35	0.12	0.04	0.04		1,000	600	2,100	960	20	40		4,720
32	66	27	65	21	43	31	79	2,000	500	2,000	500	1,000	500	2,000	2	1/3	2/5	1/6	2/8	1/9	3/12	1	0.60	0.45	0.27	0.22	0.15	0.12	2,000	300	900	135	220	75	240	3,870
33	16	84	36	76	72	94	41	500	3,000	1,000	2,000	2,000	4,000	1,000	1	3/4	1/5	3/8	3/11	4/15	2/17	1	0.82	0.35	0.27	0.15	0.08	0.04	500	2,460	350	540	300	320	40	4,510
34	87	99	49	95	09	99	89	3,000	8,000	1,000	4,000	500	8,000	3,000	4	6/10	2/12	5/17	0/17	6/23	4/27	1	0.35	0.10	0.07				3,000	2,800	100	280				6,180
35	02	87	65	75	51	13	77	500	3,000	2,000	2,000	1,000	500	2,000	0	4/4	2/6	3/9	2/11	0/11	3/14	1	1.00	0.35	0.22	0.12	0.08	0.08	500	3,000	700	440	120	40	160	4,960
36	65	24	47	97	96	23	09	2,000	500	1,000	5,000	5,000	500	500	2	1/3	2/5	5/10	5/15	1/16	0/16	1	0.60	0.45	0.27	0.10	0.04		2,000	300	450	1,350	500	20		4,620
37	65	12	30	91	12	63	23	2,000	500	500	4,000	500	2,000	500	2	0/2	1/3	4/7	0/7	2/9	1/10	1	0.60	0.60	0.45	0.18	0.18	0.12	2,000	300	300	1,800	90	360	60	4,910
38	50	77	31	57	46	47	87	1,000	2,000	500	1,000	1,000	1,000	3,000	2	3/5	1/6	2/8	2/10	2/12	4/16	1	0.60	0.27	0.22	0.15	0.10	0.07	1,000	1,200	135	220	150	100	210	3,015
39	66	36	78	37	34	26	54	2,000	1,000	2,000	1,000	500	500	1,000	2	1/3	3/6	1/7	1/8	1/9	2/11	1	0.60	0.45	0.22	0.18	0.15	0.12	2,000	600	900	220	90	75	120	4,005
40	69	01	97	44	46	56	53	2,000	500	5,000	1,000	1,000	1,000	1,000	3	0/3	5/8	2/10	2/12	2/14	2/16	1	0.45	0.45	0.15	0.10	0.07	0.05	2,000	225	2,250	150	100	70	50	4,845
41	54	62	80	66	90	44	59	1,000	2,000	2,000	2,000	4,000	1,000	2,000	2	2/4	3/7	2/9	4/13	2/15	2/17	1	0.60	0.35	0.18	0.12	0.06	0.04	1,000	1,200	750	360	480	60	80	3,930
42	62	62	10	12	20	14	92	2,000	2,000	500	500	500	500	4,000	2	2/4	0/4	0/4	1/5	1/6	4/10	1	0.60	0.35	0.35	0.35	0.27	0.22	2,000	1,200	175	175	175	135	880	4,740
43	28	36	62	57	99	55	03	500	1,000	2,000	1,000	8,000	1,000	500	1	1/2	2/4	2/6	6/12	2/14	0/14	1	0.82	0.60	0.35	0.22	0.07	0.05	500	820	1,200	350	1,760	70	25	4,725
44	71	23	03	71	23	10	80	2,000	500	500	2,000	500	500	2,000	3	1/4	0/4	3/7	1/8	0/8	3/11	1	0.45	0.35	0.35	0.18	0.15	0.08	2,000	225	175	750	90	75	160	3,475
45	21	66	96	72	07	58	18	500	2,000	5,000	2,000	500	1,000	500	1	2/3	5/8	3/11	0/11	2/13	1/14	1	0.82	0.45	0.15	0.08	0.08	0.06	500	1,640	2,250	300	40	80	30	4,840
46	96	02	46	17	15	92	23	5,000	500	1,000	500	500	4,000	500	5	0/5	2/7	1/8	1/9	4/13	1/14	1	0.27	0.27	0.18	0.15	0.12	0.06	5,000	135	270	90	75	480	30	6,080
47	75	94	03	62	77	24	07	2,000	4,000	500	2,000	2,000	500	500	3	4/7	0/7	2/9	3/12	1/13	0/13	1	0.45	0.18	0.18	0.12	0.07	0.06	2,000	1,800	90	360	240	35	30	4,555
48	94	27	23	65	50	87	11	4,000	500	500	2,000	1,000	3,000	500	4	1/5	1/6	2/8	2/10	4/14	0/14	1	0.35	0.27	0.22	0.15	0.10	0.05	4,000	175	135	440	150	300	25	5,225
49	47	09	14	40	31	13	44	1,000	500	500	1,000	500	500	1,000	2	0/2	1/3	1/4	1/5	0/5	2/7	1	0.60	0.60	0.45	0.35	0.27	0.27	1,000	300	300	450	125	135	270	2,580
50	68	22	98	43	57	47	03	2,000	500	6,000	1,000	1,000	1,000	500	3	1/4	5/9	2/11	2/13	2/15	0/15	1	0.45	0.35	0.12	0.08	0.06	0.04	2,000	225	2,100	120	80	60	20	4,605

項目 船順 番号	B 乱数の順序 (北川新編統計数値表より)							C トンの荷役を行なう船の順序 (表 2-2.8 より)							D 各船の在港日数 $y$ (表 2-2.9 より)							E C に準ずる係数 $\beta_i$ (表 2-2.10 より)							F 第 1 船の荷役を始めるとき搬入 される貨物量 ( $C_i \times E_i$ )							G 保管して いる貨物量 ( F 各欄 の合計 )	摘 要
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7		
77	92	50	18	04	90	49	58	4,000	1,000	500	500	4,000	1,000	1,000	4	2/6	1/7	0/7	4/11	2/13	2/15	1	0.35	0.22	0.18	0.18	0.08	0.06	4,000	350	110	90	720	80	60	5,410	Max
78	54	59	08	44	13	00	82	1,000	2,000	500	1,000	500	500	3,000	2	2/4	0/4	2/6	0/6	0/6	3/9	1	0.60	0.35	0.35	0.22	0.22	0.22	1,000	1,200	175	350	110	110	660	3,605	
79	75	39	66	85	18	25	08	2,000	1,000	2,000	3,000	500	500	500	3	1/4	2/6	3/9	1/10	1/11	0/11	1	0.45	0.35	0.22	0.12	0.10	0.08	2,000	450	700	660	60	50	40	3,960	
80	24	23	08	63	57	92	46	500	500	500	2,000	1,000	4,000	1,000	1	1/2	0/2	2/4	2/6	4/10	2/12	1	0.82	0.60	0.60	0.35	0.22	0.10	500	410	300	1,200	350	880	100	3,740	
81	12	83	05	78	28	45	07	500	3,000	500	2,000	500	1,000	500	0	3/3	0/3	3/6	1/7	2/9	0/9	1	1.00	0.45	0.45	0.22	0.18	0.12	500	3,000	225	950	110	180	60	5,025	
82	26	41	33	21	66	11	38	500	1,000	500	500	2,000	500	1,000	1	2/3	1/4	1/5	2/7	0/7	1/8	1	0.82	0.45	0.35	0.27	0.18	0.18	500	820	225	175	540	90	180	2,530	
83	39	59	95	75	60	39	89	1,000	2,000	4,000	2,000	2,000	1,000	3,000	1	2/3	5/8	3/11	2/13	1/14	4/18	1	0.82	0.45	0.15	0.08	0.06	0.05	1,000	1,640	1,800	300	160	60	150	5,110	
84	77	39	59	62	12	27	29	2,000	1,000	2,000	2,000	500	500	500	3	1/4	2/6	2/8	0/8	1/9	1/10	1	0.45	0.35	0.22	0.15	0.15	0.12	2,000	450	100	440	75	75	60	3,800	
85	62	65	22	33	13	12	57	2,000	2,000	500	500	500	500	1,000	2	2/4	1/5	1/6	0/6	0/6	2/8	1	0.60	0.35	0.27	0.22	0.22	0.22	2,000	120	175	135	110	110	220	2,870	
86	74	83	86	55	30	28	05	2,000	3,000	3,000	1,000	500	500	500	3	3/6	4/10	2/12	1/13	1/14	0/14	1	0.45	0.22	0.10	0.07	0.06	0.05	2,000	1,350	660	100	35	30	25	4,200	
87	79	06	36	27	32	50	15	2,000	500	1,000	500	500	1,000	500	3	0/3	1/4	1/5	1/6	2/8	1/9	1	0.45	0.45	0.35	0.27	0.22	0.15	2,000	225	450	175	135	220	75	3,280	
88	58	25	74	37	87	77	97	1,000	500	2,000	1,000	3,000	2,000	5,000	2	1/3	3/6	1/7	4/11	3/14	5/19	1	0.60	0.45	0.22	0.18	0.08	0.05	1,000	300	900	220	540	160	250	3,370	
89	67	72	51	76	78	17	87	2,000	2,000	1,000	2,000	2,000	500	3,000	2	3/5	2/7	3/10	3/13	1/14	4/18	1	0.60	0.27	0.18	0.10	0.06	0.05	2,000	120	270	360	200	30	150	3,130	
90	32	27	53	32	72	13	66	500	500	1,000	500	2,000	500	2,000	1	1/2	2/4	1/5	3/8	0/8	2/10	1	0.82	0.60	0.35	0.27	0.15	0.15	500	410	600	175	540	75	300	2,600	
91	66	10	08	98	61	48	49	2,000	500	500	6,000	2,000	1,000	1,000	2	0/2	0/2	5/7	2/9	2/11	2/13	1	0.60	0.60	0.60	0.18	0.12	0.08	2,000	300	300	3,600	360	120	80	6,760	
92	04	30	01	73	89	97	14	500	500	500	2,000	3,000	5,000	500	0	1/1	0/1	3/4	4/8	5/13	1/14	1	1.00	0.82	0.82	0.35	0.15	0.06	500	500	410	1,640	1,050	750	30	4,880	
93	10	89	57	46	71	41	71	500	3,000	1,000	1,000	2,000	1,000	2,000	0	4/4	2/6	2/8	3/11	2/13	3/16	1	1.00	0.35	0.22	0.15	0.08	0.06	500	3,000	350	220	300	80	120	4,570	
94	56	38	62	71	78	42	73	1,000	1,000	2,000	2,000	2,000	1,000	2,000	2	1/3	2/5	3/8	3/11	2/13	3/16	1	0.60	0.45	0.27	0.15	0.08	0.06	1,000	600	900	540	300	80	120	3,540	
95	40	32	31	74	36	91	47	1,000	500	500	2,000	1,000	4,000	1,000	1	1/2	1/3	3/6	1/7	4/11	2/13	1	0.82	0.60	0.45	0.22	0.18	0.08	1,000	410	300	900	220	720	80	3,630	
96	05	34	97	65	98	48	98	500	500	5,000	2,000	6,000	1,000	6,000	0	1/1	5/6	2/8	5/13	2/15	5/20	1	1.00	0.82	0.22	0.15	0.06	0.04	500	500	410	440	900	60	240	6,740	
97	57	27	79	83	96	79	82	1,000	500	2,000	3,000	5,000	2,000	3,000	2	1/3	3/6	3/9	5/14	3/17	3/20	1	0.60	0.45	0.22	0.12	0.05		1,000	300	900	660	600	100		3,560	
98	17	24	63	42	25	34	33	500	500	2,000	1,000	500	500	500	1	1/2	2/4	2/6	1/7	1/8	1/9	1	0.82	0.60	0.35	0.22	0.18	0.15	500	410	200	350	110	90	75	2,735	
99	09	76	07	08	69	32	86	500	2,000	500	500	2,000	500	3,000	0	3/3	0/3	0/3	3/6	1/7	4/11	1	1.00	0.45	0.45	0.45	0.22	0.18	500	2,000	225	225	900	110	540	4,500	
100	44	95	27	36	99	02	96	1,000	4,000	500	1,000	8,000	500	5,000	2	5/7	1/8	1/9	6/15	0/15	5/20	1	0.60	0.18	0.15	0.12	0.04	0.04	1,000	240	90	150	960	20	200	2,660	

変動を第1編の第4章で述べた Monte Carlo 法により求めたものである。その結果は、表2-2.12 もしくは図2-2.7のように、多少左に偏つたところに最頻値をもつ確率分布を得る。普通確率紙で検定すると、中央値が上にふくらむ凸型となるので、これを対数確率紙にプロットすると、図2-2.8のようにほぼ直線型となる。このことから、分布型は対数正規型であり、中央値は、1日4,000トン1日平均保管量は4,200トンという値を得る。つぎに上屋の1日保管量の生起確率と、ある保管量以上の取り扱いが必要となるときの危険率、すなわち超過確率を調べよう。この危険率が小さいときは、上屋の保管力は大きく、どんな船がどんな状態で入つてきても、常に収容できるが、上屋の空きベースが大きくなり、遊休施設となることはまぬがれない。したがって、超過確率をいくらにとるかが問題となってくる。

表2-2.12 上屋保管量の分布（対数正規型）

保 管 量	中 央 値	回 数	$s_i$	$\frac{1}{2}(s_i + s_{i-1})$
$x_i$	$\bar{x}_i$	$f_i \%$	$\%$	$\%$
500 ~ 1,500	1,000	0	0	0
1,500 ~ 2,500	2,000	2	2	1
2,500 ~ 3,500	3,000	21	23	12.5
3,500 ~ 4,500	4,000	37	60	41.5
4,500 ~ 5,500	5,000	26	86	73.0
5,500 ~ 6,500	6,000	12	98	92.0
6,500 ~ 7,500	7,000	2	100	99.0
7,500 ~ 8,500	8,000	0	100	100.0
8,500 ~ 9,500	9,000	0	100	100.0

$$\text{中央値 } S_{50} = 4,000 \text{ トン ; } S_{84.1} = 5,500 \text{ トン}$$

$$\sigma = \log \bar{S}_{84.1} / S_{50} = \log 5,500 / 4,000 = \log 1.375 = 0.1383$$

したがって、平均上屋保管量  $\bar{S}$  は

$$\begin{aligned} \log \bar{S} &= \log S_{50} + 1.1513 \sigma^2 \\ &= \log 4,000 + 1.1513 \times (0.1383)^2 \\ &= 0.6020 + 1.1513 \times 0.0190 \\ &= 0.6238 \\ \bar{S} &= 4.207 \div 4.200 \end{aligned}$$

図 2-2.7 上屋保管量の分布

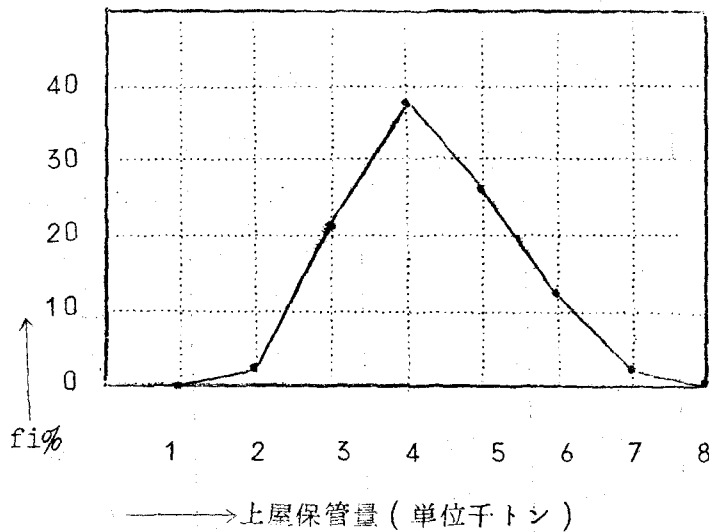
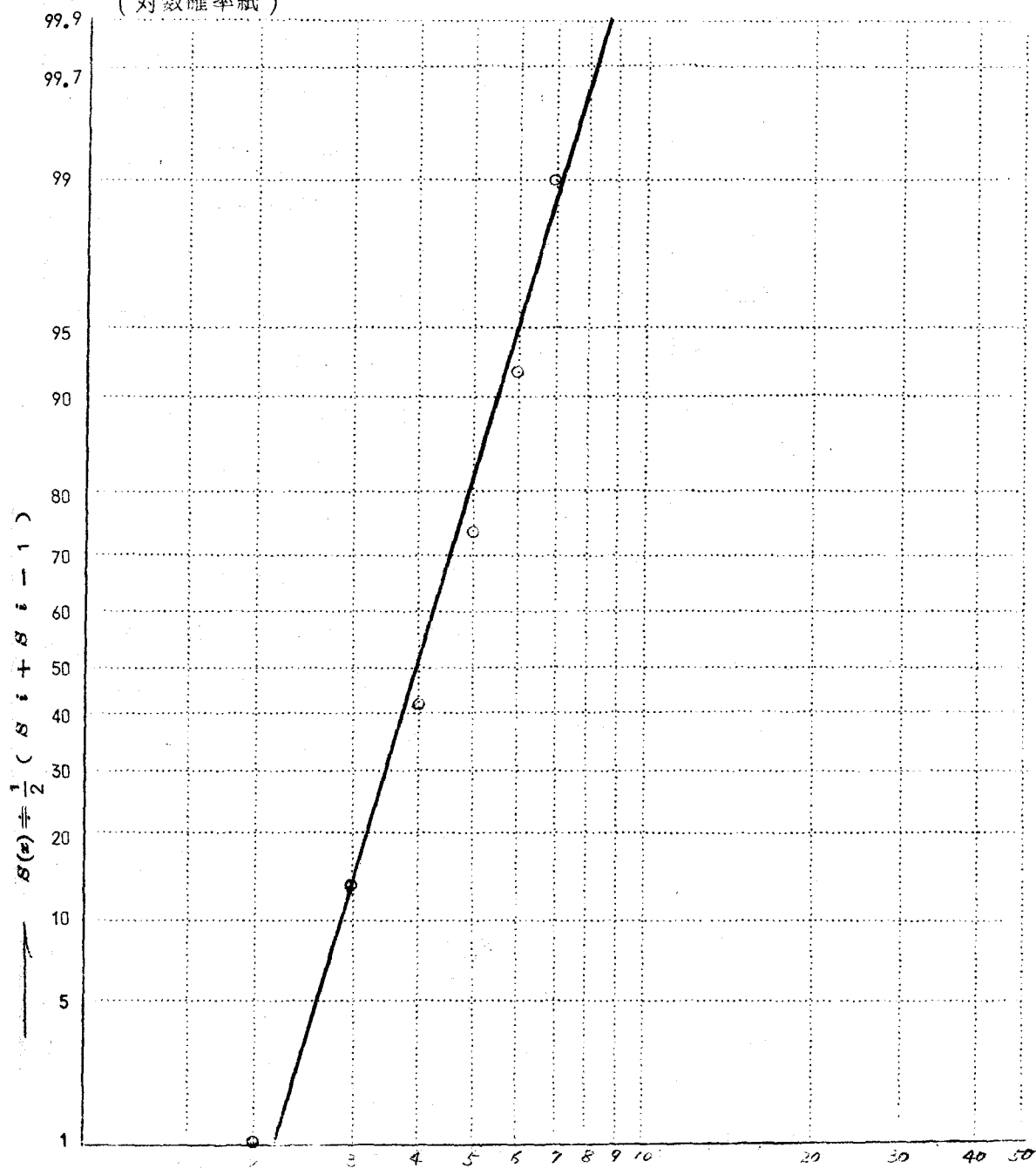




図 2 - 2.8 上屋保管貨物量の累加確率  
(対数確率紙)



→ 保管量 (単位 1,000 トン)

積荷全部が上屋に保管できるためには、超過確率は0に近い方がよい。

しかし、上屋が建設費を少なくするためには、上屋面積が少く、収容能力が小さい方がよい。このため、第1章のバースの経済計算と同様に、上屋の経済計算を行なう。いま、上屋の建設費を $1\text{ m}^2$  あたり18,000円、また $1\text{ m}^2$  あたり埋立費を7,000円とすれば、建設費関係は25,000円となる、 $i=7\%$ 、 $n=50$ 年にとつて式1-8もしくは図1-2より年間資本回収費を計算すると、 $C-R=1,800$ 円となる。したがつて年間の維持管理費ならびに運転費を $1\text{ m}^2$  あたり8,000円とすると、年経費は9,800円である。いま上屋能力が一杯になつたときは、貨物は上屋を経由することができないから、舁回漕によつて積荷することとなる。この場合、1トン当り1,150円と仮定すれば、上屋を経由する積荷の費用は1トン当り530円とすることができるから、差引き620円/トンの損失となるわけである。

上屋の保管トン数を $1\text{ m}^2$  あたり2トンとすると、舁回漕による損失は1,240円/トンとなる。すなわち、年間生起回数が7.9回以下であれば、舁回送の方が有利となつてくる。生起回数7.9に相当する超過確率は2.2%となり、上屋の保管能力は、図2-2.8から約7,000トンを要することになる。

いま、第1章§2の5)の所論のように、バース平均1日の荷役量を1,000トン前後とすれば、

- (1) 荷さばきのためのスペース  $S_1$  は、式2-2.7から

$$S_1 = 1,000\text{ m}^2$$

- (2) 保管のためのスペース  $S_2$  は、さきに述べたように、

$$S_2 = 7,000\text{ トン} / 2\text{ トン} = 3,500\text{ m}^2$$

- (3) 通路、柱、壁、事務所その他は、式2-2.9および式2-2.10から、

$$s_3 \sim s_5 = 0.5 S$$

であるから、

$$S = 1,000 + 3,500 + 0.5 S$$

$$\text{したがって、} S = 9,000 \text{ m}^2$$

となる。

## § 9 自動車の庫内通過について

上屋倉庫に自動車を通すことについての問題は、すべて保険料との関係によつてきまるとみてよい。上屋倉庫を通過または保管する貨物に対しては、その上屋倉庫の場所、構造、設備、さらに貨物の種類と給荷証券のあるなしにより、保険料率が決定され、特に火気の危険率によつて保険額に大きな開きを生じる。その概略は下記のとおりである。

① 場 所； 全国を5区に分けて、保険料は1区より漸次高率となる。神戸地区は1区に該当する。

② 構 造； 構造による料率の割引は、表2-2.13のとおりである。

③ 設 備； 主として消火設備であるが、表2-2.14における各種消火設備も、その取付位置および数量により料率が変わる。

表 2 - 2.1 3 倉庫の火災保険構造級別表

構 造 級 別		特 級	1 級		2 級		3 級		4 級	
			A	B	A	B	A	B		
構 造 そ の 他	屋 根	(鉄骨) t=8 鉄筋コンクリート		耐火構造		不燃材料葺				
	床 . 柱 . 階 段	耐 火 構 造								
	軒 . 庇 . その他 (突出)	不燃材料 で 構 成		不燃材料で構成または被覆						
	防 火 戸 (扉)	甲 または 乙				甲 または 乙				
外 壁 構 造	1 鉄骨鉄筋コンクリート	15	12	10	12	0				
	2 鉄筋コンクリート	15	12	10	12	0				
	3 コンクリート造	30	20	10	20	0				
	4 軽量コンクリート造		20	15	20	0				
	5 鉄筋コンクリート ブロック造	30	20	10	20	0				
	6 鉄筋コンクリート ホーローブロック 造	30 t=6	20 t=4	15 t=3	20 t=3	0				
	7 組立式 鉄筋コンクリート 造			15 t=3		0				
	8 モルタル 塗 (鉄骨)				t=6	0				
	9 鉄 板 張 (鉄骨)					0				
	10 木造モルタル造									

表 2 - 2.1 4 消火設備の種類による割引率

消火設備の種類		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
A	屋外消火栓 甲	○						○	○	○	○	○	○	○											
B	" 乙		○												○	○	○	○	○	○	○				
C	屋内消火栓			○				○	○	○			○		○	○	○				○	○	○	○	
D	可搬動力 消火ポンプ				○			○	○		○			○	○	○		○		○		○	○		○
E	自動火災報知機					○		○				○	○	○	○				○	○	○	○		○	○
F	初期消火設備	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
割引率 (%)		10	5	5	5	3	0	20	17.5	15	15	12.5	17.5	17.5	15	12.5	10	10	7.5	12.5	12.5	12.5	10	7.5	7.5
C	自動消火装置	特 1.	40	35	32.5	35	32	30	40	40	40	40	40	40	40	40	37.5	40	37.5	40	40	40	37.5	35	37.5
	U 型	2. 3.	30	25	22.5	25	22	20	30	30	30	30	30	30	30	30	27.5	30	27.5	30	30	30	27.5	25	27.5
	"	4.																							
H	J 型	特 、 4	30	25	22.5	25	22	20	30	30	30	30	30	30	30	30	27.5	30	27.5	30	30	30	27.5	25	27.5

④ 船荷証券； 貨物が発券貨物であるか非発券貨物であるかによつて，料率が異なる。これは農業倉庫とかその他輸入に関係のない倉庫との分類によるもので，埠頭上の上屋倉庫においてはその料率はほとんど変わらない

⑤ 貨物の種類； 貨物が引火しないものであるかどうかによつて，料率がわかれている。

以上のごとく貨物の保険料は，いろいろの要素で複雑多岐に分かれるが，実際の料率算定は現地において査定される。いま，かりに構造を鉄筋コンクリート構造とすると，船荷証券のついた保険料は，つぎのようになる。

表 2 - 2.1 5

貨物の種類	構造の級別	特級およびA級	B 級	摘 要
綿	花	円 銭 8.5 2 × A	円 銭 9.3 0 × A	1) Aは消火設備による 割引率(表2-1.4 参照) 2) 表は1,000円につ いての値を示す
綿	製 品	円 銭 1.1 4 × A	円 銭 1.3 2 × A	
木	製 品	円 銭 1.1 4 × A	円 銭 1.3 2 × A	
飲	食 品	円 銭 1.1 4 × A	円 銭 1.3 2 × A	

上屋内のトラックの運行については，何ら規定はないが，上屋倉庫内は火気厳禁の建前であるから，火気について不備な車は通行できないが，トラックその他現行の運搬車についてはこの危惧はないから，トラックの上屋通行と保険料との関係はないとみてよい。

#### § 10 間口，奥行，出入口，通路および面積など。

1) 上屋の間口と奥行は，埠頭の型式や鉄道，道路の引込み具合，トラック，トレーラーなどの活動状態などによつて左右され，その形は千差万別である。

また、これに関する説もいろいろで、しかも極めて抽象的に取り扱われており、その判断に苦しむが、従来の考え方を一応列記してみると、つぎのとおりである。

(1) Herman Jonuson (Dock and Harbour Authority, December, 1950); 上屋の間口はバース長の半分がよく, 15000 G/T 級バースで, 奥行 60 m, 間口 80 ~ 100 m で----- (以下略)

(2) T. Hnappln (Dock and Harbour Authority, December, 1950); 最近の埠頭計画はバース長 180 m, 上屋は間口 120 ~ 150 m, 奥行は 60 ~ 90 m で----- (以下略)

(3) Arbed Balle (Dock and Harbour Authority, June, 1951); 上屋の規模はバースによつて異なるが, 間口が 120 m, 奥行が 30 ~ 60 m と間をとり, 一定しないが, 一般に奥行 45 m くらいが最適であるとされている。(以下略)

(4) Knappon Engineering Co. が Baltimore 港で計画を立案した報告書(鈴木氏の報告書による)によれば, 上屋の面積は, 1 バース最小限  $2,250\text{m}^2$  -----, 上屋の奥行は最小限 75 m を必要とし----- (以下略)

(5) U.S. Maritime Commission の Port Development Section で 1947 年 発表した埠頭の標準設計では, 上屋の間口は 550' で奥行は 165' で  $\frac{1}{3}$  は通路にあてられる。上屋の柱はクリヤースパン 100' が好ましい-----。(以下略)

(6) 鈴木雅次(港工学); 上屋の長さは普通その前の埠頭にけい留する船の長さとはほぼ同様にする。

以上のように、非常にまちまちであるが、横浜港の山下埠頭の計画者たちは、以上の諸説を基にして、つぎのような考察を行なっている。すなわち、

図2-2.9に示されているように，上屋から船舶へ貨物が搬出入される場合，貨物が引渡される場所は，エプロン上の $\mu_1 \sim \mu_6$ であり，この点から上屋へ，あるいは上屋からこの点までの運搬機関は，現在のところ，フォークリフト，車，人力などであるが，フォークリフトがその主たるものと予想されるので，その経済的行動半径100mをもつて作図すれば，図のようになる。このことから，間口はほぼ140mが限界で，また奥行は90mが限度であるとしている。摩耶埠頭の場合は，埠頭に1体としての機能を付与させたいのであるから，間口は縦方向に2バース連続である。しかしながらバースとバース間に大きな道路や階段などを設ける必要があるので，上屋の間口は，200mくらいまでが限度となる。

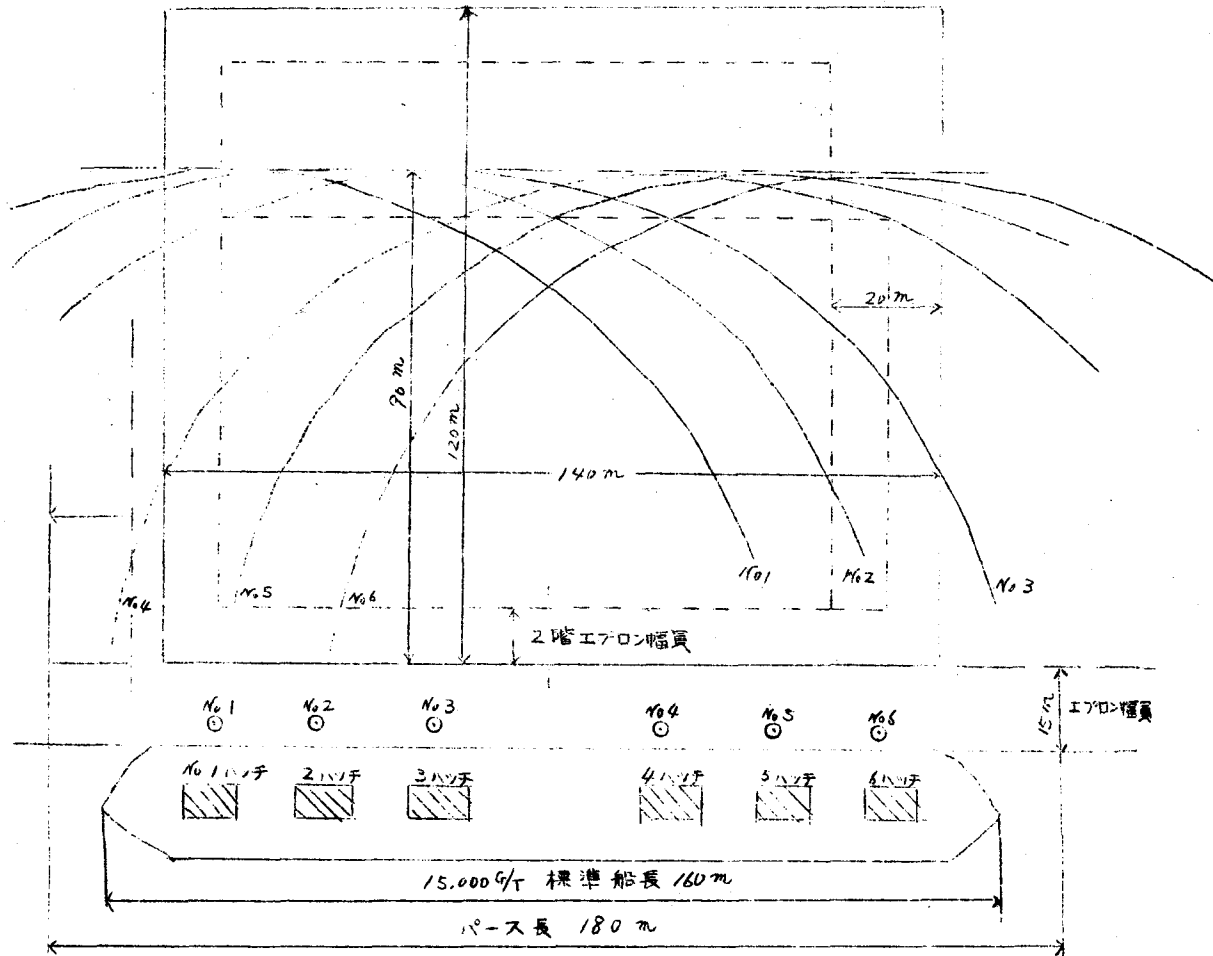
## 2) 出入口および通路

出入口の巾員は大型トレラーが自由に出入し得るように5mとする。上屋への1日当り貨物搬出入量は，§7で明らかにされており，そのうち自動車による輸出貨物の搬入量は81.5%，輸入貨物の搬出量は59.4%，埠頭における自動車の運行は，午前7時から午後7時までの間の12時間で全体の99%であり，その時間分布は図2-2.5に示されている。もつとも混雑する時間は，午前10時頃にあらわれ，平均の1.8～2.0倍である。このとき，トレラー，トラック，三輪トラックが停滞なく，自由に，上屋内を出入し得るための口数が，1バースにつき14ヶ所と計算される。通路は数多い方が便利だが，上屋の有効面積を小さくする。

積み，積み卸しの利便から積載面積が決定され，積載したブロックの区画周長 $L$ が最も大きくなるように，通路の数とブロックの大きさが計算される。このようにして主通路は，奥行について3通路，岸壁線に直方向に8通路となった。荷の位置，保管の面積にこの通路を加えた上屋の面積は，前節でも述べたように， $9,000\text{m}^2$ で，間口200mであるから，奥行は理論上45m



圖 2-2.9 山下埠頭上屋計畫圖



となる。荷の占有する面積の割合は、荷さばき場を含めて50%となる。もつとも、それ以外の50%の中には、貨物用エレベーター、スパイラルシユート、ストレートシユートおよびその投入口、受口などの荷さばきスペース、階段、現場員詰所、事務所、機械器具置場、動力室、荷主出張所詰所、税関出張所改品場、守衛室、休息所、食堂、更衣室、貴重品倉庫など、所定の面積が含まれていることは勿論であるが、これらについては詳述を省略することにする。

#### § 11 上屋の計画および利用に際しての前提条件への注意

上屋の規模についての基礎的な考察は、前節までに明らかにされた。エプロンの規模や道路、鉄道、駐車場などの陸上施設の種類と規模と配置については、それぞれ別途考慮された。それらの結果を忠実にトレースすると埠頭の計画は、図2-2.10のようになる。特徴としては、上屋はその性格からできるだけ広く、大型自動車、トレーラーの可動が便利のように考慮されている。しかしながらこの計画はつぎのような難点がある。

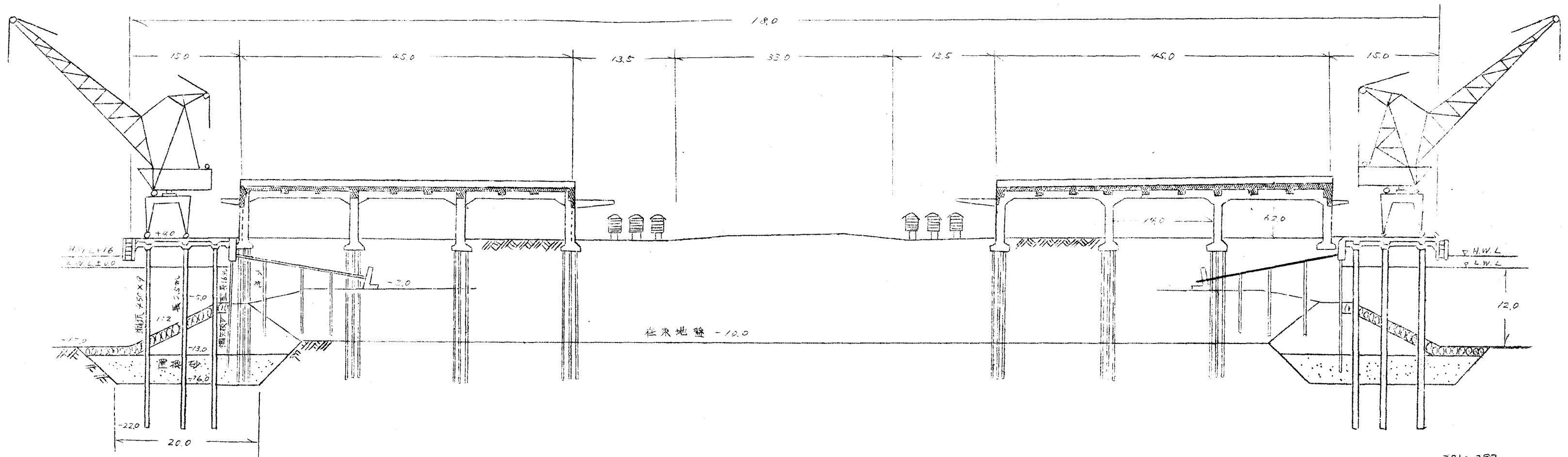
1) 中央に埠頭を縦断する道路を持つため、上屋の背後に3線ずつ、計6線の臨港線を配している。これは、§7の冒頭に述べたように、貨物を上屋に搬出入する背後交通機関のウエイトを考えるならば、不経済なことである。配置上やむを得ないとしても、その敷設費、管理費およびその敷設に要する埋立地の余分の経費は、無視できない。

2) 輸出専門埠頭ではあるが、第1章に述べたように、若干の輸入貨物も取り扱わねばならない。このとき、上屋は使用の管理上、間仕切りする必要がある。このことは、上屋を広広と使おうとする計画者の意図と矛盾する。

3) ニューヨーク航路とヨーロッパ航路に、埠頭を割当てた主旨は、その埠頭のどのバースについても、その埠頭内に搬入された貨物が最小の横持ち経費で船側に持つていかねばならないことを意味する。しかし、この図

图 2-2-10 摩耶埠頭計画断面図 (第一案)

縮尺 1/500 単位 m



のような配置は、左側の上屋におかれた貨物が右側についたバースの船に積荷されるような場合、一たん左の上屋を出て、右側の上屋に入れ、そして船側に持つていかなければならない。このようなことは、埠頭内のバースのどこに船がつくかわからない。すなわち空いているバースに船が着くという原則から当然生じることである。このような現象に対応するために、横持ち経費を要したり、上屋の管理上困難な問題が発生することを覚悟しなければならない。すなわち、各航路別に割り当てられた埠頭の機能の一体性が、阻害されることになる。

このような、利用上の欠陥や、上述したような不経済性を補うために図2-2.1 1のような代案が考えられる。その特徴は、上屋を2階建てとし、1階を、臨港鉄道の用地と、それによつて搬出入される貨物の荷さばき、仮置、保管のための上屋敷、そして輸入貨物の取り扱い用の上屋敷とし、2階は、大型自動車やトレーラーにより搬入される輸出専用の上屋としてある。このような計画は、埠頭の巾員を大巾に縮小し、建設費を安くせしめるが、上屋の機能の一体性をかえつて増加させている。船がどちらに着こうが、この場合、上屋内の貨物のおかれていた位置に大きな関係はない。しかしながらこのような計画はつぎのような欠点を有していることに注意しなければならない。

(1)鉄道を上屋の1階に引き込むため、§9に述べた理由からディーゼル機関車の使用か、もしくは電化が必要である。

(2)鉄道、道路の上屋内走行は、荷の保管上もしくは保険の関係から問題がある。

(3)2階の上屋から船への荷役には、マストクレーンの使用が困難で、荷役機械を用いねばならない。このことは、§3で述べたことの問題が解決されておらねばならない。

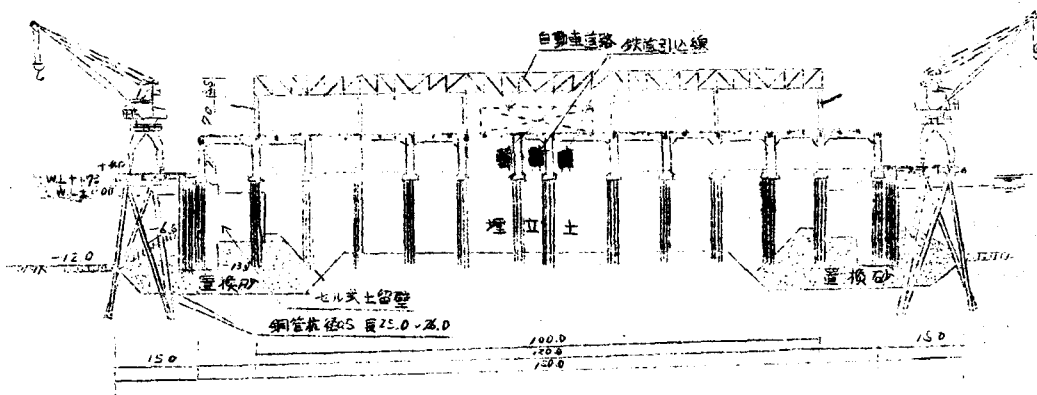
このような欠点を有するが、これに対してつぎのように提示することができる。

(1)については、さほど困難な問題ではない。

(2)については、§ 9で述べたように、保管責任の確立や火災予防施設の整備など、保障の問題やデリバリの問題などで了解が得られれば、差し支えない問題である。

(3)については、ターミナルオペレーターが確立されれば、§ 3で述べたように、もつとも理想的である。しかし、荷役機械の使用がどうしても不都合な場合、エプロンステージによるマストクレーン荷役も可能である。ポテンシャルが高いことを利用して、先端ムーバブルなシュートまたは制動式ローラーコムベアーなどを特別に考案すれば、埠頭クレーン、マストクレーンの併用方式以上の効果をあげられることも考えられる。

図2-2.11 摩耶埠頭計画断面図 (第2案) 単位：m



以上の考察により、多少の欠点は補正すべき性質のものであり、かえって2階の上屋の状態を見てうかがわれるように、自由に大型自動車、トレーラー、フォークリフトなどの運搬機械、荷役機械が、雨や臨港鉄道の妨害なしに活動でき、一体性が保持されているところに、本計画の最大のうまみが

あるものと思われるのである。このようにして計画された上屋の所要面積は、8 パース、2 埠頭で  $114,000\text{m}^2$  である。鉄道、道路敷が上屋内にあるため、上屋の建坪は見掛け上増加しているが、埠頭巾員はせまくなっている。第1章、第2章を通じて一貫してとられた港灣技術者の計画の行動指標は、

- 1) 経済荷役が確実に行なわれること。
- 2) 上屋内への搬入（工場からの輸送形態をも考慮して）、デリバリ、保管、船積みが明確に行なわれて、その間の諸経費が安くなること。
- 3) 上屋内の荷さばき、保管が保証され、無用の横持ちや上下移動がないこと。
- 4) 上屋内からの倉出しに横持ちが最小限になされ、かつ、埠頭の機能が4 パース一体として発揮できることであつた。

以上のような構想で合理的に求められた摩耶埠頭が、真に国民経済の発展に寄与するためには、計画に当つて考慮された諸条件が真剣に考慮され、計画されたように埠頭が管理され、利用されねばならないのである。誰が船積みをするかということから、最も経済的で、かつ実際に船積みコストが低下するような船積み機構を確立することが、要請されるわけである。このことが、埠頭の公共性の保持とともに考えられて、計画が始めて国民にとつて有用なものとなる。現在、この第2案が採用されている。なお、第1章に述べたパース割り当て計画、および本章で推論した上屋の規模の推定に当つて、割り当てられた主な航路は、ニューヨーク航路とヨーロッパ航路であつた。その選択の理由は、第1章の§4で明らかにされているが、これらの航路の将来の発展に応じて、埠頭の各施設の能力減退、すなわちデプリシエーションが生じる。とりあえずは、あわせて考えた世界一周航路、または中近東航路などを独立させて、それぞれの専門埠頭で扱わせることが考えられ

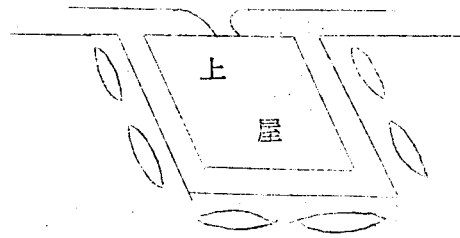
-385-

る。 それでも、なおかつ、この航路の計画目標が増大し、その性格も変わってくるときは、改めてこの計画は再検討されなければならない。 すなわち、第1章の§6の終りで検討したように、ニューヨーク航路だけのバース割り当てが6バースというようなときは下図に示すように1埠頭上に6バースを持つ巾の広い埠頭の計画

図2-2.12の(イ)

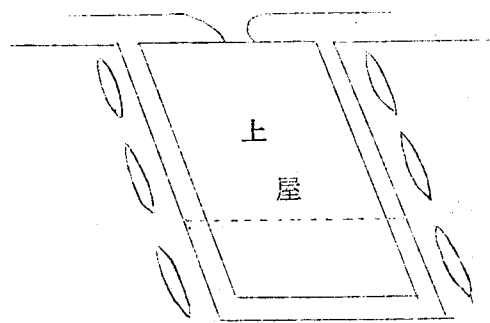
を改めて持つ必要もあろう。

このことは、埠頭としての機能を一体として考えるという第1章、第2章で述べてきた所論からの当然の帰結である。



この場合、埠頭の機能が一体となるよう上屋の規模と配置をきめる必要がある。 6バースの埠頭の計画は図2-2.12の(ロ)のようにすることもできる。 これは、4バースの埠頭の1バース分の延長である。

図2-2.12の(ロ)



現在、摩耶埠頭の最西側、いわゆる第1埠頭は、第4防波堤上を押込む形に突出しており、この防波堤は、港内の静穏度の保持のため1部徹去にとどめ、大半を残すことになっている。 このことは、この防波堤沿いに埠頭を拡張することの可能性があることを示している。 このような埠頭の基部には、臨港交通機関のため、広いスペースが必要である。 第1埠頭の基部には、幸い、広く空地が得られるようにしてある。 一度航路別に割り当てられた埠頭の機能を他に移すことは困難である。

したがつて、(イ)の案より(ロ)の案の方が实际的である。第2期計画において、どういう拡張計画がなされるべきかは、そのときの日本の経済発展、貿易のすうせいから、第1章および第2章で取り扱つたような方法論に基づいて、その時点において再び将来を適確に予測し、諸計画を策定することが大切である。

このように、今計画した埠頭は、永遠に合理的なものという保証はない。第1編に述べたようなデブライシエーションを必ず伴うものであることは、深く銘記する必要がある。ただ、将来の発展を可能ならしめるような余地だけは残しておかなければならない。第1章およびここで述べた計画規模決定への提案は、このような発展の余地を十分に残しているものといえよう。第1章およびこれまでに述べたことは、神戸港における摩耶埠頭の計画の内容を説明するに未だ不十分である。しかし、計画がいかなる立場で、何を目的としてたてられるか、またその場合行動の指標として何を選ぶべきか、そして目的を達するための合理的な解決の手段はいかにして講ぜられるか、また得られた解の評価とその管理はいかにすべきかという、第1編に述べた事項を具体的に説明することに主点がおかれた以上、やむを得ないことである。

## §12 臨港交通施設の問題

背後地と埠頭を結ぶ機関として、輸送用の荷役機関を用うる場合を除いて、自動車、もしくは、貨車である。前者は、道路、後者は、鉄道を利用する。いかなる場合に、道路を敷設し、どのような場合に、鉄道を設けるかが、当面の問題である。前者については、普通道路、高速道路もしくは有料道路の別があるが、本論では、道路は普通道路としておく。これは、わが国の現状では一般の埠頭地帯と奥地とを高速道路もしくは有料道路のみで結ぶこ



とは考えられないからである。むしろ鉄道は敷設の方法、管理の方法によつて、港湾の発展に重要な影響を与える。したがつてその差異を論じたい。臨港鉄道は、国鉄の営業線（まれに私鉄の営業線）、建設業港湾管理者負担の営業線と、公共臨港線、または専用線、地方鉄道とに大別される。営業線は国鉄の数多くの路線と同様、国鉄において公企業として路線を敷設し、営業を営むものである。地方鉄道は港湾管理者がその鉄道の企業主体となるもので、専用線は、路線の建設費、保守費を港湾管理者が負担し、国鉄において、特定料金を徴収して運行するものである。建設費港湾管理者負担の営業線と、公共臨港線は、その中間である。どのように敷設し、管理運営をどうするかによつて、輸送路費に差異があらわれ、埠頭の発展に影響を与えるのも、こうした取り扱いの違いがあることに基づく。このような取り扱いの差異が、実際に貨物の輸送経費にどのような影響を与えるか調べ、その資料から、臨港交通施設の種類の考察するのが本節以下の趣旨である。

### § 1 3 施設の差異による輸送費の変動

#### 1) トラックによる輸送費

トラックの輸送原価を算出することは困難であるが、運輸省自動車局の調べでは、中型4トン積ガソリントラックの走行原価も、6トン積ディーゼルトラックの原価も、単位距離当りについていえば大差はない。末端における積み卸し費用を入れた場合、料程の延びるに従つて、トン料当りの費用は減少する。上記2種の車種について、料程別のトン当り費用を示すと表2-2.16のI欄のようになる。ただし、貨物の種類は、国鉄貨物等級表の6級品とする。この費用の中には、自動車の減価償却費、修繕費、運転費、荷扱費その他付帯事務費などが含まれている。

表2-2.16

## 臨港交通施設費用比較

(6級品)

料 程	I トラック	II 営業線	III 1 Km 公共臨港線年間取扱貨物量別				IV 2 Km 公共臨港線年間取扱貨物量別			
			5,000t	10,000t	50,000t	100,000t	5,000t	10,000t	50,000	100,000t
4 Km	215 ~ 238	623	960	792	659	641	1,247	963	695	661
6	249 ~ 276	623	960	792	659	641	1,247	963	695	661
8	283 ~ 314	623	960	792	659	641	1,247	963	695	661
10	317 ~ 352	623	960	792	659	641	1,247	963	695	661
12	351 ~ 390	623	960	792	659	641	1,247	963	695	661
16	418 ~ 464	623	960	792	<u>659</u>	<u>641</u>	1,247	963	695	<u>661</u>
20	477 ~ 530	623	960	792	659	641	1,247	963	<u>695</u>	661
25	614 ~ 682	<u>623</u>	960	792	659	<u>641</u>	1,247	963	695	<u>661</u>
30	677 ~ 752	623	<u>960</u>	792	<u>659</u>	641	1,247	963	<u>695</u>	661
35	738 ~ 820	641	978	<u>810</u>	677	659	1,315	<u>981</u>	713	679
40	800 ~ 888	660	997	829	696	678	1,334	1,000	732	698
45	873 ~ 970	679	1,016	848	715	697	1,353	1,019	751	717
50	947 ~ 1,052	698	<u>1,035</u>	867	734	716	1,372	1,038	770	736
60	1,095 ~ 1,216	737	1,074	906	773	755	<u>1,411</u>	<u>1,077</u>	809	775
70	1,242 ~ 1,380	775	1,112	944	811	793	1,449	1,115	847	813
80	1,390 ~ 1,544	814	1,151	983	850	832	<u>1,488</u>	1,154	886	852
90	1,538 ~ 1,708	872	1,209	1,041	908	890	1,546	1,212	944	912
100	1,685 ~ 1,872	890	1,227	1,059	926	908	1,564	1,230	962	928
120	1,955 ~ 2,172	936	1,273	1,105	972	954	1,610	1,276	1,006	974
140	2,225 ~ 2,472	981	1,318	1,150	1,017	999	1,655	1,321	1,053	1,019
160	2,495 ~ 2,772	1,026	1,363	1,195	1,062	1,044	1,700	1,366	1,098	1,064
180	2,715 ~ 3,072	1,070	1,407	1,239	1,106	1,088	1,744	1,410	1,142	1,108
200	3,035 ~ 3,372	1,117	1,454	1,286	1,153	1,135	1,791	1,457	1,189	1,155
250	3,710 ~ 4,122	1,230	1,567	1,399	1,266	1,248	1,904	1,570	1,302	1,268
300	4,385 ~ 4,872	1,342	1,679	1,511	1,378	1,360	2,016	1,682	1,414	1,380

〔註〕 1) トラック費は扱い料、積み卸し費を含む。上限、下限がそれぞれガソリン車(中型)、ディーゼル車(大型)である。

2) 営業線費は扱い料発37円着30円、積み卸し費74円卸62円、3 Km以内の小運送費220円を含む。

3) 末端2 Kmが公共臨港線の網は、営業線の費用に建設費、保安費、機関車入換損料を加算した屯当り費用。

4) 本表では臨港道路は、鉄道の敷設の有無にかかわらず、整備するものとして除外してある。

5) 表中 —— はトラックによる輸送との損益分岐点を示す。

6) 表中 - - - 線は小運送費220円を含まないときトラックとの損益分岐点となる料程。

## 2) 営業線の費用

営業線の運賃は、貨物の種類、距離などによつて異なる。また距離の増加に正しくは比例せず、距離逓減運賃制を用いている。いま、港頭における積み卸し費用、発着地における扱い料、港からみた場合の仕向駅または発駅からの小運送を自動車によるものとして、これを3 Km とした場合の費用を合計し、運賃と加算したものを、表2-2.16のⅡ欄に算出した。この中には、鉄道、機関車、貨車などの固定費関係の費用も、一応運賃の中に含まれていると見る。

## 3) 公共臨港線の費用

公共臨港線を通過する貨物の費用には、別段の定めはないが、港湾管理者において建設する施設の費用と、国鉄側で徴集するつぎのような種類の経費が原価を構成する。

- (1) 入れ換え用動力車運転料；機関車1車100m当り30円
- (2) 保守費；実費
- (3) 経常費；実費
- (4) 機関車回送料
- (5) 貨車留置料（営業線と同じ）
- (6) 発着手数料（同上）
- (7) 監督費（保守工事に伴うもの）

この中、(5)および(6)は営業線の場合にも要する費用で、(4)とともに、一般問題を取り扱うときは、一応考慮外としてよい。(7)は(2)とあわせて考えれば、公共臨港線の費用は、建設費の外に(1)(2)および(3)である。

(1) 入れ換え用動力車運転料 専用側線の場合1 Km 1往復600円、公共臨港線の場合300円、したがって、年間貨物量を $T$ 、1列車平均貨車連結数を

$N$ 、1車平均貨物積載量を  $C$ 、また作業料を  $S$  として、取り扱い貨物量のすべてが片荷貨車で扱われるものとすれば、年費用は  $300 \text{ 円} \times S \times \frac{T}{CN}$  であるが、両荷貨車で扱われることもある。いま両荷貨車数を  $n$  とすれば、ぎのとおりとなる。

$$(1) \text{の年費用} = 300 \text{ 円} \times S \times \frac{T}{CN} \times \left(1 - \frac{nC}{T}\right) \dots\dots (2-2.17)$$

しかるに、1車平均貨物積載量は国鉄の調査によれば11トン～16トン、したがって平均15トンとすることができる。また臨港線の平均貨車連結数は、各港まちまちであるが、10車両程度と考えるのが妥当である。わが国の港湾の実状から、両荷の貨車はまれであると仮定すると、上式は、

$$(1) \text{の年費用} = 300 \text{ 円} \times S \times \frac{T}{15 \times 10} = 2 \cdot S \cdot T \quad (2-2.18)$$

(2) 保守費 いままでの実績では、通過トン数の大小による影響は見られず、線路延長1 Km 当り15万円～20万円。またこの線路延長は、作業料  $S$  の1.5倍くらいが普通であることから、

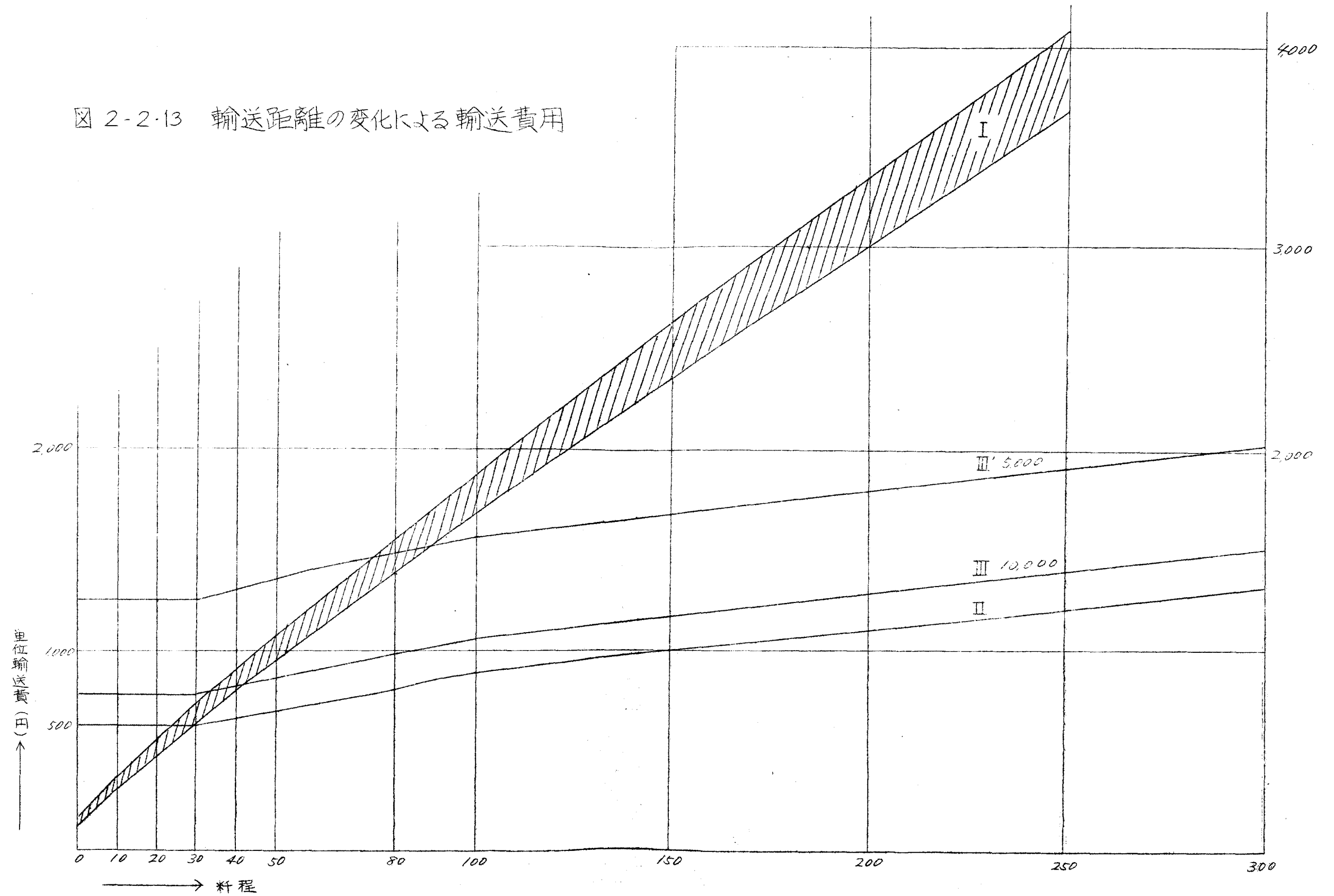
$$(2) \text{の年費用} = (150,000 \sim 200,000 \text{ 円}) \times 1.5 S \\ \div 180,000 \text{ 円} \times 1.5 S = 270,000 S \text{ 円} \quad (2-2.19)$$

(3) 経常費 踏切、信号場、貨車の仕訳作業などに要する経費の実費であるが、地域の特性によつて普遍的な算出ができない。したがつてこのような経費と不測の費用とを含めて、算出された総費用の20%増しにすることによつて、カバーすることとする。

(4) 建設費 公共事業費による臨港線の建設例から1 Km当り10,000千円～20,000千円と見積ることが妥当である。いま、15,000千円とし、耐用年数を第1編の所論から40年とし、従来までの取り扱いと同じように年費用を算出すると、表1-1の7%の表を用いて、

$$(4) \text{の毎年費用} = 15000 \text{ 千円} \times \frac{\text{crf } 7-40}{0.07501} \times S = 1,125,000 S \text{ 円} \quad (2-2.20)$$

図 2-2-13 輸送距離の変化による輸送費用



以上によつて(1)~(4)の費用を加算すると、

$$\text{公共臨港線による輸送費用} = (2ST + 270,000S + 1,125,000S) \times 1.2$$

となる。いま、

$$(2 - 2.21)$$

$S = 1 \text{ Km}, 2 \text{ Km}$ , また  $T = 5,000 \text{ トン}, 10,000 \text{ トン}, 50,000 \text{ トン}$   
 および  $100,000 \text{ トン}$  とすれば、上式の値は表 2-2.17 のとおりとなる。

公共臨港線をとつて営業線

表 2-2.17

に連絡し、奥地と往復する貨物の費用はマクロ的にみてこの値に営業線の費用Ⅱの欄を加えたものであると考えてよい。表 2-2.6 のⅡ欄、Ⅲ'欄はこのようにして作られたものである。

$S$ 料 $T$ トン	1	2
5,000	337	674
10,000	169	340
50,000	36	72
100,000	18	38

#### § 1 4 損益分岐論による臨港交通施設の選択

この表 2-2.1 6 およびそれから作成された図 2-2.1 3 以下から、つぎのようなことが本設例についていい得る。

(1) 背後地の輸送距離が 25 Km 以下のときは、自動車輸送の方が有利のようである。しかし、営業線として国鉄が敷設され、末端において小運送を要しない場合、10 Km 付近まで損益分岐点が移動する(このような例はまれであり、末端においては、長短の差はあれ、専用側線を設けるか、自動車輸送によらざるを得ないであろう。)

(2) トラックの輸送費は、距離の増加につれてほとんど比例的に増加するが、鉄道による場合、始めの 30 Km まではほとんど増加せず、また 30 Km をこしてもトラックほどの増加を示さないので、距離が大きくなるほど、鉄道輸送に依存せざるを得ない。

(3) 公共臨港線の費用は、通過貨物量によつて大きく変動する。貨物量が多ければ(図 2-2.1 4 (イ)、(ロ)における 50,000 トン以上の例参照)ほとんど営業線の費用に一致する方向に近づく。接近の仕方は、30,000 トンまでの間で急激で、それ以上になると、緩慢になる。このことは、貨物量が少なければ費用が増大することを意味し、トラックとの損益分岐点となる料程をます。例えば、2 Km 公共臨港線を通運する場合、年間貨物量 5,000 トン程度なら 80 Km まで、トラックの方が有利である。

(4) 末端における小運送がなく、例えば工場に直結して自動車小運搬を必要としない仮想例では、約 15 Km 以上は鉄道によるのを有利とするように思われる。表 2-2.1 6 の点線はその場合の損益分岐点である。

(5) したがつて港湾計画の当初において、貨物量が少ない場合、または港湾の近くのみには貨物の仕出し・仕向けが行なわれる場合は、始めは自動車輸

送を考え、後で臨港線の敷設を考慮するという考え方が有利となる可能性が大きい。

(6) 特に、公共臨港線の建設の場合は、建設する臨港線の延長・貨物量・末端における小運送の有無が、大きく選択の規準となる。図2-2・14 (イ) のように、輸送距離 50 Km の場合、貨物量の大小にかかわらず、営業線ならば、自動車輸送よりトン当たり 300 円安い、公共臨港線または港湾管理者において費用を負担した営業線では、必ずしも有利とはならない。1 Km の臨港線の建設を要した場合は 5 千トン以上、2 Km の建設を要した場合は 1 万トン以上の貨物が、それぞれ、その線を通することが予想されないときは、自動車輸送の方がトン当たり 200 円～400 円安いということも有り得る。図2-2・14 (ロ) は、輸送距離 25 Km の場合で、自動車と営業線による鉄道輸送のどちらでもよいという丁度分岐点付近の例である。

この場合、公共臨港線であると、たとえ 1 Km であつても、貨物量 3 万トン以上にならないと、トラックの利用を一応考える余地がある。もし、7 千トンくらいの貨物量で 2 Km の公共臨港線を敷設した場合は、トン当たり 6～700 円の損失となる。

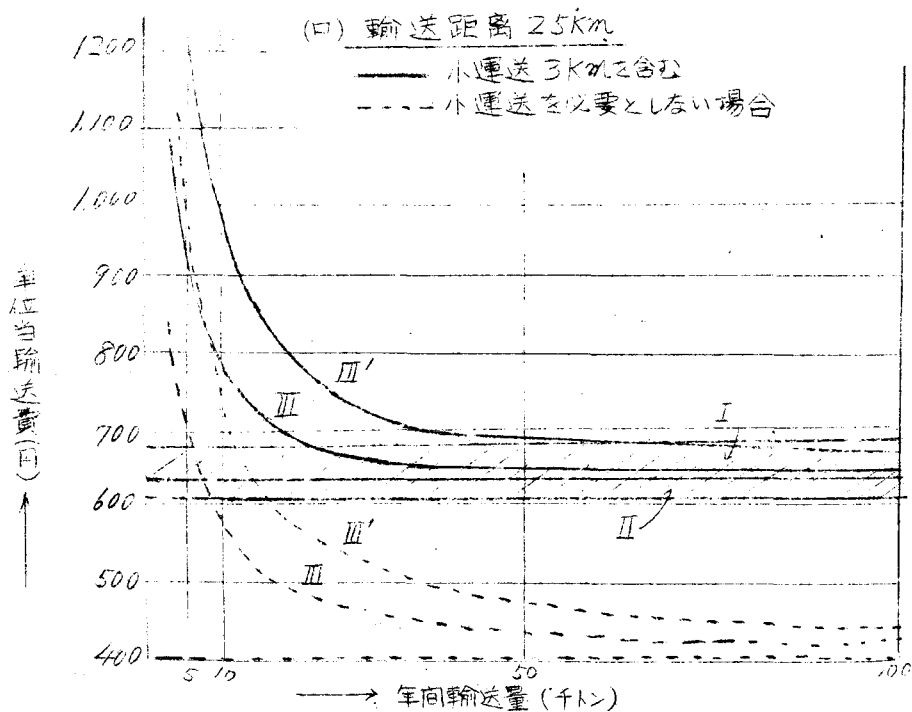
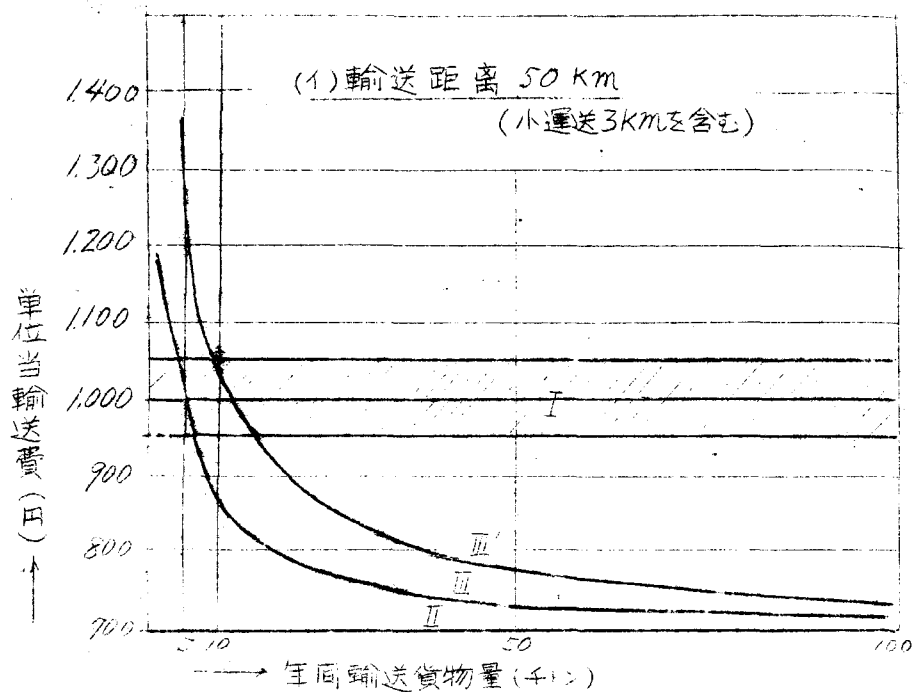
(7) 図2-2・14 (イ)、(ロ) によると、貨物量がある限度を超せば、国鉄が公共臨港線を営業線に編入することを拒む理由の一つが薄くなることに気付く。すなわち、港湾管理者が建設した線を営業線に編入することによる国鉄の費用負担の増は、保守費・経営費および機関車入れ換え料などである。これの単位当りの費用は、

$$1.2 \left( 2 + \frac{207,000}{T} \right) S$$

である。いま  $S = 1 \text{ Km}$ ,  $T = 10,000 \text{ トン}$ ,  $50,000 \text{ トン}$ ,  $100,000 \text{ トン}$



図 2 - 2 • 14 輸送量の変化による輸送費用



とすれば、それぞれの値は34円80銭、8円88銭、5円64銭である。その代りに、営業線にすることによつて営業料の増加による運賃収入の増加が考えられる。大体貨物運賃は20 Km ごとの段階になつており、 $S$  Km の営業線の追加によつて、運賃が一つ上の段階に入る確率は $S/20$ である。また1段階上るときの運賃の増加は、貨物の等級によつて異なるが、20円～88円である。したがつて、その1トン1 Km 当り運賃の増加は、

$$\{20 \sim 88 \text{円}\} \times \frac{S}{20} \times \frac{1}{S} = \{1 \sim 4.4 \text{円}\}$$

この運賃増加は、営業線にすることによる上記費用負担増加額を上まわらなければならぬけれど、その貨物が一通過に要する費用からみた場合はわずかなものである。例えば、50,000トンの場合を例にとると、

$$8 \text{円} 88 \text{銭} - \{1 \text{円} \sim 4.40 \text{円}\} \div 6 \text{円}$$

となり、Ⅱ欄の営業線の費用で4 Km の場合をとつても1%に満たない。

(8) したがつて、ある程度以上の通過貨物が公共臨港線にある場合、これを営業線とすることは、十分根拠があるといふことができる。前述のように、公共臨港線の取り扱いが行なわれている限り、貨物が著しく増加しても、絶対に営業線の費用と一致することはなく、このわずかの差は、営業線で取り扱われている隣接港との競争を不利にし、荷主もしくは国民がこの費用の差を負担するという不合理を発生せしめ、かつは、港湾の健全な発展を阻害するにいたる。国鉄は、公共福祉向上に関して、その企業性を根本的に損なわない限り高い責任を有するものであることが一般にも認識されている折柄、今少し取り扱いを緩和することが要望される。

(9) 前項の事項は、本論文ではいささか横道にそれた観があるが、この損益分岐点の考え方で、臨港交通施設の費用比較を行なう場合、共通していえることは、特に、臨港線の長さや輸送を要する貨物量によつて、トン当り費

用が大きく変わること注意到して、方式の選択を行なうことが必要である。一般に、図2-2・14 (ロ) のように、自動車でも鉄道でもよいという場合には、鉄道を選ぶことの有利性は、その港の将来の発展にプラスになる材料を提供する、という一事をもつても証明される。

(10) 本設例は、貨物の種類が6級品であり、背後地への距離が一定という特殊の場合について述べたものであるが、貨物の構成が多種にわたり、貨物の仕向地、仕出地がまちまちの場合については、前節に述べた費用計算と同じ要領で集計されたものを表2-2・16に相当する表にまとめて比較を行なうことができる。また道路は、トラック輸送と鉄道輸送のいずれによるにしても建設するという仮定をおいているが、トラック輸送を考える場合、特に、道路の改良を考慮する場合には、費用計算の中に、その毎年の費用に相当するものを算入しなければならない。たとえその道路整備が、港湾管理者の負担によらなくとも、国民経済の観点に立つて総費用が最小になるように計画することは、常に必要なことである。

## §15 結 語

才1章の所論もそうであつたが、本章に述べた埠頭上における三つの主要陸上施設の計画上の問題は、港湾技術が「命ぜられたものをつくる」ために使用されるものでなく、人間・社会に真に有用なものをつくるために用いられるものであり、不手際な推論過程の中にも従来とは違つた技術観が導入され得たと思う。計画の目的は、人間・社会が何を希んでいるかを何ものにも捉われずに追求することにより求められ、その目的達成のための最適手段が技術的な解として求められている。ここで注意しなければならないのは、解への評価である。才1章の終りにも述べたように、得られ

た解が真に人間・社会に有用なるためには、その解が得られた前提条件が満足されるという保証がなされねばならない。自然現象に対しては厳格な予測が、人間・社会の現象に対しては、その前提条件の実現が確かに予約されねばならない。

本章の始めに述べた荷役機械の問題は、このことを指適することに重点をおいた。理論的に、国民経済の立場から最適解を求めることは本方法論の適用によつて、もはやある程度可能である。このことより「優秀な荷役機械を数多く設けることは経済的であり、どのような荷役機械をどの程度に設ければよいかは容易に求められる。しかしこの故に、荷役機械を設けるべきだと信じ込むのは危険であり、§ 3 の記述は、慎重に考慮されねばならない。往々§ 3 のような問題の存在するため、またこの存在理由は除去されえないとの信念から、雑貨埠頭において荷役機械は不要であるという主張をする人々もいる。本方法論の立場から言えば、人間・社会の努力は、環境改善に全力が傾注さるべきとする。したがつて港湾関係者は、§ 3 に述べたような問題の除去に対策を考えるべきである。しかし、このような問題は、政策的な問題で、決定者の判断にゆだねられる。本方法論にいう技術の限界がここに存在するわけである。

上屋・倉庫の計画も才1章に述べた目的意識に貫かれている。わが国の公共雑貨埠頭の合理化の問題はもはやゆるがせにできない重要な課題である。東博士はこれに対して進歩的な提案<sup>1)</sup>を行なつたのである。筆者はこの問題に対する結論めいた提案をさけ、いくつかの前提条件のもとに、上屋の規模のきめ方、配置の方法を本方法論に従つて展開した。上屋の機能が計画されたように発揮されるのは、この設けた前提が満足されるときであり、技術者としては、それが満足されるよう港湾関係者の間で善意の努力が払われるこ

とを希望する。この計画はいま、港湾関係者の間で容認され建設が進められているが、運営機構についての関心が何故か薄いようであるのは遺憾である。このようなことから、港湾技術の範囲が計画・建設のみにとどまらず、管理運営の分野までに入らざるを得ない経緯が、本問題を取り扱うことによつて明らかにされたと思う。

最後に述べた臨港交通施設の問題は、一般的な問題として損益分岐論の手法の応用に主眼をおいて述べた。必ずしも摩耶埠頭の問題の解とはならないのであるが、臨港鉄道は、いかなる場合に敷設され、またどういう風に運営管理されねばならないかについての一般的の考え方を与えることができたと思う。このことから摩耶埠頭の場合、たとい、鉄道による輸送依存度が低くても、摩耶埠頭全体として考えたとき、公共性を保持した営業線として管理・運営さるべきだとの主張を行なうことができるものと思う。

埠頭上における三つの施設の計画に当つてとられた本章の所論は、摩耶埠頭の計画経緯のすべてを説明するのには不十分である。しかし、このような計画を行なうに当つて港湾技術者のとるべき態度を才1編に述べた方法論に従つて具体的に示しえたと思う。何がために港湾技術が用いられるか。またその技術を用いる場合の人間・社会の問題の解析、正しい現象分析の仕方、将来の事象の適確な予測、明らかにされた目的を明確に示す現象の定式化および最適値を求めていく手法が示され、最後にその解の評価の意義が明確に示しえているならこの章の記述の目的は達せられているのである。

### 第 3 章 施設および機械の更新計画

#### 目 次 詳 細

§ 1.	概 説 .....	404
§ 2.	資産の耐用年間を通じての年年の資本回収費用 .....	409
§ 3.	施設および機械の取り替え時期ならびにその方法論 .....	414
§ 4.	取り替え基準図の作成と神戸港における適用例 .....	433
§ 5.	結 語 .....	443

## § 1. 概 設

港湾技術は他の技術と同様に、施設および機械を用いて「物をつくる」生産技術である。したがってその過程において、施設および機械、いわゆる資産の取得・廃棄または取り替えを問題にすることが多い。港湾施設をつくったり、改良したりする港湾技術自体に、このような問題が存在する。しかしながら、このような問題を処理する一般的基準は不明確である。このことは港湾技術の本来のあり方からいつても、また国有財産もしくは公共団体の資産の管理上からも不都合なことであり、港湾技術上の重要な問題として深く検討する必要がある。これを処理する基本的態度はすでに第1編に述べたとおりである。しばしば、経理上の問題として、過去の取得価額・帳簿上の耐用年数の残存期間・残存価額、または過去において修理などに支出された費用が、これらの問題の実際的処理に大きく作用している傾向があるが、「どの方法を選択すれば、これからの支出に対して経済的か」という考え方で貫かれるべきである。過去において支払われた金額や帳簿上の金額は、もどつてもこないし、実際の価値とは往往無関係である。第1編に述べたように市場価値を問題にする本方法論の立場からいえば、帳簿価額に20万円と記載された残存価額も、実際にそのものを売却しようとしたとき、5万円でしか売れなければ、現在、そのものが見掛けの上で20万円の価値を有するとしても、それは意味のないことと考えるのである。財産管理上の会計記録は過去の収支の記録であり、ここで述べようとするのは、将来の期間の諸方法間の経済的差違である。このことについては、工事管理で現在行なわれている原価計算との関連において、2～3の注意が与えられる。すなわち、ある資産を用いて行なわれる生産過程においては、一般に直接費と間接費とに区

分され、前者には労務費と材料費などが、後者には減価償却費や経費割当配賦額が算入される。しかしながら、施設および機械の更新の問題を考えると、これらの工事管理上の費用区分に必ずしも正確に従う必要はない。しかし、原価計算に使用される労務費・材料費・燃料費その他諸経費の諸伝票は、後述する稼働費もしくは操業費算出の生きた資料として効用を発揮する。それらは、過去の資料であつても、将来にそのような支払いが行なわれるであろうという予測の証拠としてはかのもので代えることのできない貴重なものである。新資産を廃棄したり、更新することによつて生じる費用の変化を正しく見積つて評価することが、この種の問題を処理する第2の基本的な考え方である。その場合に考慮の対象となる要素は、つぎのようなものである。

- (1) 投資額
- (2) 予想上の経済的耐用年数
- (3) 耐用年数の終了時における見積残存価値
- (4) 直接労務費（運転・管理など）の毎年費用
- (5) 間接労務費の毎年費用
- (6) 材料の毎年費用
- (7) 維持および修理の毎年費用
- (8) 動力・燃料の毎年費用
- (9) 施設および機械の占める場所に関連する毎年費用
- (10) 保険などのある場合、その毎年費用
- (11) その他直接および間接の毎年費用

であり、問題になるのは、それらの費用の差違である。したがつて、新旧資産の取り替えを考える場合、同種の費用が見積られ、その額が同一ならば、除去して差し支えない。投資額の見積りは、実際に要する費用と計画時にお



いて若干異なることが起こるが、いわゆる入札の際考慮される予定価額に相当するものをもつて考慮の対象とする。旧資産の投資額は現在市場における取得価額をもつて再評価するを要し、また毎年費用も同じ意味で検討しなければならない。耐用年数は国有財産に定める耐用年数を必ずしも用いる必要はなく、第1編で述べたように、むしろデプリシエーションを考慮した経済的耐用年数を使うことが好ましい。公共事業の行なわれている一般の事業所では、まだ困難であるが、少なくとも原価計算の行なわれている個所では、原価伝票から推測することが可能であり、これに対する実際的な求め方を § 3. で詳しく考究することにした。なお見積り残存価値は、帳簿上の残存価額でなく、考慮時に実際に取得または売却が予想される純換金価値である。新資産のその評価が困難なときは、歴史は繰り返すであろうという仮定のもとに、旧資産の記録で見積られる。それも不確かなときは、第1編で述べられたような方法による。港湾技術でこのような問題を取り扱うとき、その残存価値に相当する、たとえば売り払い金額などが、換元して購入資金に充当されないなどの理由で、0と評価してはならない。国の一般会計では、才入と才出とは明確に区分され、港湾建設機関における資産の売却費用は、決して建設費にまわらない。このことが国有財産の廃棄・取り替えを遅らしている要因の一つとも考えられるのであるが、第1編で述べたように、積極的に港湾技術を国家経済に役立たせるという観点からは、誰が得をし、誰が損をするということは問題にしないのであるからこの原則は擁護しなければならない。廃棄の決定は、ある資産の所有を継続するかどうかの決定である。この場合、存続した場合と廃棄した場合との費用比較において決定への基礎資料が得られる。いま、資産を取り除けば処分の費用が処分による収入を超過するゆえに、廃棄を一般的に行なわないことがあるが、このような考え

は間違いであり、さらに継続して所有した場合、最終的にどうなるかを比較検討しなければならない。取り替えの場合には、旧資産と機能を同じくする場合とそうでない場合とがある。詳細に事実を調べてみると、前者のような場合はきわめてまれで、後者の場合が一般に多い。取り替えようとする場合、前よりもよいものと望む一般の心理のほかに、技術革新の日進月歩によつて、多くの場合に何らかの機能の増加その他いろいろな面の改良が行なわれている。したがつて、新旧資産の費用比較には、材料費・運転費の節約、生産の増加、品質の向上などの効果の正しい見積りが必要である。しかし、期待しない機能の増加は、これを見積つてはならないことはいうまでもない。

よくある資産更新の問題の簡単な実例は、つぎのようなものである。ここに50 HP のモーターがある。いま、使用する計画はなく、倉庫におかれてある。廃棄すれば10万円で処理し得る。処理してしまえば、3年後に使用したいとき、30万円で購入しなければならない。もし、いま、処理しないで、3年後まで保有したとき、使用の際に巻き直しなどを含むオーバーホールをする必要が想像される。モーターの経済的使用寿命は10年で、旧モーターはすでに5年使用してきた。年年の修理費はどちらも1万円くらいで、維持管理費なども変らないものとする。この場合、第1編に述べたように、最小の魅力的公共利益を7%とすれば、表1-2を使つて表2-3・1のよりに計算される。

表2-3.1 モーターの廃棄に関する経済比較

(3年後の時点について考える)

$i = 7\%$  , 単位 円

廃 棄 し た と き	廃 棄 し な か つ た と き
現在10万円の価値 $100,000 \times 1.225 = 122,500$	
新モーターの価格 $300,000 - 122,500 = 177,500$	旧モーターへの投資 100,000
毎年費用 $C - R$ $= 177,500 \times \frac{c \cdot r \cdot f}{0.14238} \frac{7-10}{7-10} + 10,000$ $= 35,258$	毎年費用 $C - R$ $= 100,000 \times \frac{c \cdot r \cdot f}{0.24389} \frac{7-5}{7-5} + 10,000$ $= 34,389$

上表の計算で明らかなように、廃棄しなかつたとき、旧モーターの有していた帳簿価格は会計法上の諸規則でいかように残されていたとしても、算定の基礎になつていない。この計算では、3年後の比較で、旧モーターを保有していた方が毎年の費用をわずかに節約することになるようにみえる。しかし、3年後に購入した新モーターの寿命は10年を想定され、旧モーターの用益期間より5年多い。したがつていまより8年後にこれを売却することが可能で、このときも現在と同じように10万円で売れるだろうかと予想することに不都合がなければ、廃棄したときの正しい3年後の計算は式1-16より、

$$\begin{aligned}
 & (177,500 - 100,000) \left( \frac{c \cdot r \cdot f}{0.24389} \frac{7-5}{7-5} \right) + 100,000 \times 0.007 \\
 & + 10,000 \\
 & = 29,901 \text{ 円}
 \end{aligned}$$

となり、廃棄して3年後にモーターを購入した方が有利となる。さらに、

3 年後に確実に使うことになるかどうか分からない場合、廃棄を遅らせると純換金価値は製造年から遠ざかるに従つて下がるから、現在売払いのできる 10 万円の価値は大きくなり、現在廃棄する計画は好ましいものとなる。

したがつて、将来必要とするかも知れない、また廃棄しても、その収入は建設費に所詮まわしても使えないからというだけで、廃棄を遅らせることは避けねばならない。また、この廃棄するか保有するかに当つて、共通の維持費 1 万円は計算に入れても、入れなくとも、その結果に差違を与えない。

したがつて、省略しても差し支えないことは、前述のとうりである。もつとも簡単な問題は、以上のように、資本費に関するもののみの原価比較であり、それは同時点に換算された等価の毎年費用で比較すると便利である。

## § 2. 資産の耐用年間を通じての年年の資本回収費用

前例において、そのモーターが現在使用されていればどうなるか。いうまでもなく、毎年費用は維持費 1 万円のみであるから、特に機能の増加を望まないかぎり、現在のモーターをそのまま使用した方がよい。また、帳簿上の減価償却費は、廃棄・保有の基準とはならない。そのとき、モーターの保有経過年数の変化による残存価値をどのように定めればよいか。それは、各年度におけるモーターの純換金価値の評価である。このような実際に則した方法によつて始めて、真に経済的な行為を技術者にとらしめるものである。

200 万円のダンプトラックの経過年後各年末における純換金価値が表 2-3・2 の B' 欄に示されている。B 欄は、国有財産法の規則による残存価格であるが、このように残存価額は非現実的である。B' 欄は、神戸港における実績やそれぞれの専門家によつて評価された価額であり、大体市場換金価値とみて差し支えない。

表2-3・2 2,000,000円で購入したダンプトラックの毎年用益を  
延長するための年年の資本回収費用とn年間保有する場合の  
等価の毎年費用

利子・7% 単位 千円

(A)	(B)	(B')	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)
年n 次年	年簿 末残 存価 額 帳	年換 末金 価 額 純	年 の 換 金 価 値	年金利 子の 減 少 に 対 す 換	年す回 年る収 用た費 益め用 をの延 資本 長本	年費 年の 費用 の現 価 資本 回	n収 年費 間の の資 現本 価 回	nる同費 年場一用 後合額c にの毎・r 廃買年・f 棄価資 すの本
0	2,000	2,000						
1	1,588	1,200	800	140	940	878	878	940
2	1,262	700	005	84	584	510	1,388	768
3	1,002	500	200	49	249	203	1,591	606
4	796	300	200	35	235	179	1,771	522
5	632	50	250	21	271	193	1,964	479
6	502	50	0	3.5	3.5	2	1,966	412
7	398	50	0	3.5	3.5	2	1,968	365
8	316	50	0	3.5	3.5	2	1,970	330
9	252	50	0	3.5	3.5	1	1,972	302
10	200	50	0	3.5	3.5	1	1,974	281
11	200	50	0	3.5	3.5	1	1,976	263
12	200	50	0	3.5	3.5	1	1,977	249
13	200	50	0	3.5	3.5	1	1,979	237
14	200	50	0	3.5	3.5	1	1,980	226
15	200	50	0	3.5	3.5	1	1,981	217

〔註〕(B)欄は残存年10%大蔵省令定率法による減価償却後の帳  
簿残存価額

経過年数が増加するにつれて年年減少する換金価値をC欄に計上した。E欄は、D欄に計上した年度当初の換金価値の利子とともに、経過年数1年増加するごとの資本回収費用の増加額で、F欄は、考慮している時点、すなわち現在における価額に式1-5を用いて換算した現価である。したがって、トラックをn年間に亘つて使用した時の資本回収費用現価の総額は、G欄に算定されたようになる。いま、第1編の所論に従つて、毎年等価の同一額毎年資本回収係数c.r.f.を用いてその費用を計算すれば、H欄に示すようになる。使用期間を延長するに従つてデプリシエーションが行なわれるから資本回収費用は増加し、価値が0となつたときからは、投資額現価に相当するものを回収しなければならない。また、同一額毎年資本回収費用は、使用期間を延長することによつて減ずる。いま、このトラックが3年の終りに廃棄されるとし、残存価値額500,000円であつたとすると、式1-16より、

$$\begin{aligned}
 R &= (P-L) \left\{ \frac{i}{1-(1-i)^n} \right\} + Li \dots\dots\dots (1-16) \\
 &= (2,000,000-500,000) \frac{(c.r.f. 7-3)}{0.38105} + 500,000 \times 0.09 \\
 &= 571,575 + 35,000 = 606,575 \text{ 円}
 \end{aligned}$$

また、5年後に残存価額50,000円で、廃棄させると、

$$\begin{aligned}
 R &= (2,000,000-50,000) \frac{(c.r.f. 7-5)}{0.24389} + 500,000 \times 0.07 \\
 &= 479,086 \text{ 円}
 \end{aligned}$$

同じく10年後に残存価額50,000円で廃棄すると、

$$\begin{aligned}
 R &= (2,000,000-50,000) \frac{(c.r.f. 7-10)}{0.14238} + 500,000 \times 0.07 \\
 &= 281,141 \text{ 円}
 \end{aligned}$$

これは、表のH欄に計上した数字と同じ値であり、式1-16の意味して

いることの現実な内容である。いわゆる帳簿価額の残存価値というものが、廃棄の技術的な判断にあまり重要な意義をもたないことを証明するに十分である。ここで問題となるのは、年年の換金価値の減少である。ここでは第1編の仮説に基づき、市場の標準から専門家または経験ある技術者によつて綿密に評価した値を用いたように、必ずしも実際に売却した売却価額を意味しない。客観的に社会経済の中で評価された価額をもつて示し得ればよいと思われる。このような考え方は、資産の廃棄に限らず、取り替えの場合にも応用される。繰り返し述べたように基礎となるのは、考えられうる諸方法間において正当に見積られた将来のコストの経済比較である。前例のモーターのように、廃棄または保有することだけの比較でなく、他に考えられる方法との比較、それは後年度に機械を購入する場合に限らず、同じ機能もしくは用益を直接サービスとして買いあげる場合、たとえばトラックを購入するか1日契約の借り上げで行くかなどについても検討するのである。廃棄を行なう必要がある場合は、もはや使わなくなつて、将来も使用の見込みがない場合を除いては、一般に

- 1) 効用に比し、資産の純換金価値の比較的高いとき、
- 2) 資産を引き続き所有するのに要する毎年の支出が効用に比し大きいとき、
- 3) その資産をもつていなくとも、常にその資産によつて与えられる効用が可能であり、その効用を購入するとき不当に不利益の交渉結果を招くおそれのないときである。

取り替えは、2) の場合に付随して、他の方法、すなわち効用を他に依存して提供を受ける場合と比較して考慮される。前の例では、トラックを借り上げるか、または新しくトラックを購入するかを検討する場合に生じるが、これについては、§3.で詳論する。ただしこの場合、違った方法が採用されることもある。たとえば、型わく材としての材料の取り替えが考慮されるとき、メタルホームの購入が検討され、スチームエンジンの取り替えにディーゼル機関が考慮の対象となり、またウオセクリーター方式が廃棄されるとき、大規模のバッチャープラントが検討されるがごときである。港湾施設でも、尼ヶ崎市における防潮堤の災害復旧の際に、従来の輪中式の原形復旧に代つて、閘門、水門をともなつた外郭堤防方式が考えられたように、資産の取り替えにあつては、ただ旧資産の取り替えに終始することなく、常に広い視野で臨むことが必要である。取り替えの動機は、旧資産の廃棄のときばかりでない。旧資産を補強するとか、新しい機能を付した改良案を企てたときにも生じる。純換金価値の減少は、取り替えを促す要因となり、使用期間の延長は取り替えを遅らせる。もつとも使用期間の延長は、多くの場合に修繕費・運転費・管理維持費・補強費など毎年の支出の増加をともなう。このことについては次節で述べるが、このことがなければ、取り替えは遅らした方が有利なことはいふまでもない。多くの場合、純換金価値の減少に評価されがたい生産の技術的精度の減少などを包含せしめることがある。公共事業の一端として行なわれる港湾技術において、問題となる施設や機械などの取り扱いには、初めに述べたように特にこのような決意が必要と思われる。港湾事業の場合、災害対策事業の場合も含めて、一般に長い耐用年数と考えられる。地震とか、台風による高波・異常潮などでは、期待年の比較的長い外力を想定しなければ、いつ災害が起きて、国民経済に致命的な被害を与えるかも知



れないから、こうしたことは多くの場合やむを得ないのであるが、激しく変革する経済情勢、著しい技術革新の要請に應えて、適正なディプリンエーションを評価することも必要である。この点、アメリカなどにおいて木造の安い棧橋が数多くつくられ、機能的には有利な状況におかれているのに対して、日本では強固な重力式の岸壁が数少なくつくられており、第1編に述べたように利用が合理的に行なわれていないのと、きわめて対照的である。だからといって、費用の面から、早急に数多く増設することも取り替えることもできない。このことが日本の港湾荷役の近代化を遅らしている要因ともなっている。今後の港湾技術の進歩の観点から、工学上の技術的諸問題のはかに、この方面の研究がゆるがせにできないゆえんもこの辺にあるようである。このような問題は別に取り扱うべきものとして、つぎに港湾技術において使用する施設および機械を、いつ、どういうように取り替えたらいいかという基準を、実用的に考察してみることにする。

### § 3. 施設および機械の取り替え時期ならびにその方法論

最も簡単な資産の取り替えの問題は、前述したモーターの例のように、投資額の見積り耐用年数に対する毎年費用を比較することによつて、その経済性が評価される。そのとき、図1-2を用いると便利である。この図では、投資額を $P$ としたときの毎年費用の $R$ がノモグラフで簡単に求められるようになっている。本節では、前節までに考えてきたことを発展させて、より複雑な問題を扱うことにする。第1編で、一般に複雑な問題を検討するに際しては、問題を単純化して考えることを主張しておいた。単純化に必要ないろいろな仮定は、複雑な現実の事態からある程度は離れてしまうものであるが、しかし、この仮定を使用することによつて、ある種の問題はこれを数学的に

分析することができるようになるのであつて、このような考え方を取り替えの技術に応用してみよう。

一般に取り替えの動機となるもの、もしくは取り替えの時期について考えられることは、つぎのようなものである。これは J. Dean がトラックに例をとつて説明したものであるが<sup>30)31)</sup>

- (1) x 年または y マイルごとに取り替えられる。
- (2) 車が十分償却されたときに取り替えられる。
- (3) 古い車の修理費が新車の減価償却費を越えるときに取り替える。
- (4) 古い車の単位コストが最低のときに取り替えられる。
- (5) 車が修理に耐えないほど、傷んだときに取り替えられる。

このほかに、公共事業を行なう事業所では、

- (6) 修理費が購入費より上廻つたとき、もしくは購入費に近づくときに取り替えるようなこともある。

(1) の方法は過去においてよく見受けられてきたし、また現在でも素人的な取り替えの標準と目されている。おそらくこの方法は長年の経験からきていると思われるが、現在の車の操業状態と持続的運転費用は、単に年数やマイル数の関係ではないことが批判される。それはトラックの行なう仕事が予防保全の種類によつて異なるものであるからである。舗装道路上を走るトラックでは、(1) のような取り替え動機は合理的でない。

(2) の方法は、事務系の職員によつて支持される。保守的な官公庁の中にあつては、このような考え方は、帳簿に残存価格と記されていることだけで廃棄・取り替えは勿体ないという思想を先入観としていだかせる。その結果、第 1 編の表 1-6 の (ロ) または (ハ) に示された数字が金科玉条のように主張されて、取り替えが、この時期にいたらない中に行なわれることに抵抗がある。しかし、このことは本方法論で述べてきたことと相当離れた思

想であることはいうまでもない。

(3)の方法は、若干の暗黙の仮定を含んでいる。第1に運転費用（ガソリンもしくは重油・潤滑油・タイヤ・雑材料）が、旧車と新車とで同一であるということ、第2に旧車の市場価額が0で、それに対して資本消費がないこと、第3に新車の資本消費費用は、その取得原価の減価償却によつて正確に表現されるということである。第1の仮定は、歴史は現実を繰り返すという模型的な仮定のもとに捉えたものである。この第1の仮定が成立するかどうかは、各場合について検討されねばならない。第2の仮定は、旧資産の市場価格が通常存在するような場合にまで延長されてはならない。第3の仮定は、トラック価額の上昇や変化する耐用年数によつて無効となる。実際の場合には以上三つの仮定が成立することはまれであり、また取り替えに対する利益を十分に考慮していない点で批判される。

(4)の方法では、古いトラックの費用の曲線上のどのような点も、それだけで取り替えの指標を提供するものではない。それは、代替的コースの費用（新車の将来の費用）と比較したときにのみ、取り替え判定の資料となるに過ぎない。この最小費用を取り替え指標に適用する場合に、資本消費費用は一般に帳簿価額の減価償却によつて測定されることが多いが、何度もうようにそれは市場価額によるべきである。

(5)、(6)の方法は、廃棄もしくは取り替えの理由に多く用いられるが、経済的には、ナンセンスであり、不合理性を露出するに過ぎない。

このような説明を引用したことは、従来の取り替えの実際に行なわれている考え方を示すとともに、新しい方法を提起する基本的な考え方を理解するためである。資産の取り替えに当つて考慮すべきことは、旧資産を維持する場合と対比した利益、すなわち費用の節約額 (Cost saving) を求め、それ

が新設備に必要な資本投下額に対して，どれだけの利益率になるかを計算し，いくつかの諸方法の中で，もつとも利益率の大きなものを選択することである。このことは，第1編第2章§3の（ハ）の適用であることに他ならない。この場合，資産の更新によつて得られる製品の品質向上・生産数量の増大・工程の短縮の効果なども考慮の中に入れなければならない。一般に，利益率は，

$$\text{取り替え（投資）利益率} = \frac{\text{投資利益}}{\text{投資額}} = \frac{\text{旧資産による総費用} - \text{新資産による総費用}}{\text{投資額}}$$

……………（2-3・1）

で計算される。投資利益は上式で示すように費用の節約額で，これに影響するものは，運転費用・維持修理費用を含めた稼働費用もしくは操業費用（Operating cost）と資本費用（Capital cost）であり，上述のような新しい操業方式の採用によつて得られる利益も計上される。もつともJ・Deanなどは，修理費用は別個の費用として独立に考えているようである。<sup>30)</sup> 分母の投資額には一般につぎの六つの考えがあるが<sup>15)</sup> それぞれ実際に用いられている。

- 1) 新資産の全価額＋流動資本増加額
- 2)       "       ＋旧資産残存帳簿価額＋流動資本増加額
- 3)       "       －旧資産市場純換金価額＋流動資本増加額
- 4)       "       －旧資産新品価額＋流動資本増加額
- 5)       "       －旧資産価額＋除去費＋流動資本増加額
- 6)       "       ÷2＋流動資本増加額

この場合，3) もしくは1) の考え方が基本的なものであることはいうま

でもない。4) または 5) が特別の場合に考えられ、それらが困難なときに 2) が代用されることもあり得る。6) あまり根拠のないもので、簡略な計算に用いても実益はあまりないものと思われる。

新旧資産の将来の費用比較に当つて、図 2-3・1 のように図式模型を想起し、更新理論を組み立てていくのが便利である。すなわち、一般に資産の費用は、使用年数を経過するに従つて変化する。それを各要素別にみると、維持管理費などはほぼ一定であるが、修繕費などは使用年数により増加していく。大修繕が多くなるに従つて機械の修理期間も多くなり、製造原価も、増加していく。これに対して、減価償却費・除却費・資本利子などは、資産を長く使うほど、年間の負担分が少なくなる。第 1 編に述べたように永遠に使えば、利子だけの負担である。たとえば耐用年数 20 年の資産を 1 年で廃棄すれば、資本費は大きいですが、20 年後に廃棄すれば、償却済みの資産となるがごときである。

以上両者の合計は、図 2-3・1 の  $u$  で示される。資本費としては、本方法論では、52 で述べた資本回収費もしくは毎年等価の同一額毎年費用が用いられる。表 2-3・2 に述べた神戸港のダンプトラック 115 について、毎年支出を調査した結果が表 2-3・3 に示されている。E, F, G の各欄は、1 年から 15 年に至る各年次の終りに廃棄したことによつて実現される等価の毎年費用を示す。この表において注目するのには、耐用年数が長ければ長いほど資本回収費用は低く、そして等価の毎年支出は高いということである。等価の毎年費用の総額はそれらの二つの費用の合計であり、

表 2-3・3 表 2-3・2 のトラックに関して耐用年次数 1 年ないし  
15 年利子 7 % と仮定する場合の等価の毎年費用

単位 千円

年次	第 n 年 1 ケ年の用益延長の費用			n 年後に廃棄されるものとした 場合の等価の同一額毎年費用		
n	資本回収 費 用 (表 2-3・ 2 の E 欄)	年間支出	総費用 (B+C)	等価同一額 毎年資本回 収費用 c.r.f (表 2-3・2 H 欄)	等価同一 額毎年支 出	等価同一額 毎年費用総 額 (E+F)
A	B	C	D	E	F	G
1	940	113	1053	940	113	1053
2	584	135.5	719.5	768	123	891
3	249	158	407	606	134	741
4	235	180.5	415.5	522	144	667
5	271	203	474	478	154	634
6	3.5	225.5	229.0	412	164	577
7	3.5	248	251.5	365	174	539
8	3.5	270.5	274.0	330	183	513
9	3.5	293	296.5	302	192	495
10	3.5	315.5	319.0	281	201	482
11	3.5	338	341.5	263	210	473
12	3.5	360.5	364.0	249	218	467
13	3.5	383	386.5	237	226	464
14	3.5	405.5	409.0	226	234	461
15	3.5	428	431.5	217	247	465

図 2 - 3 ・ 2 に記してある。この最小値が法定の耐用年数 10 年より長いことを注目する必要がある。この最小値が何年目に起こるかということに影響を与えるものは、現在の純換金価値と年年の費用増加額である。純換金価値が現在大きければ、最小費用点の位置は左寄りに、すなわち起こり得る使用年数は短くなり、また年年の費用増加額が大きいときは、F の直線の傾きが大きいこととなり、同じく年数が短くなる。このように各年の純換金価値と同様に年年の費用増加額を正しく見積つて、表 2 - 3 ・ 3 のように正しく計算すべきであるが、その平均値をもつて将来の費用とすることも行なわれる。すなわち

$G$  = 将来の毎年費用,  $G_1$  = 現在の毎年費用

$\bar{g}$  = 年年の費用の増加額,  $n$  = 耐用年数

とすれば,

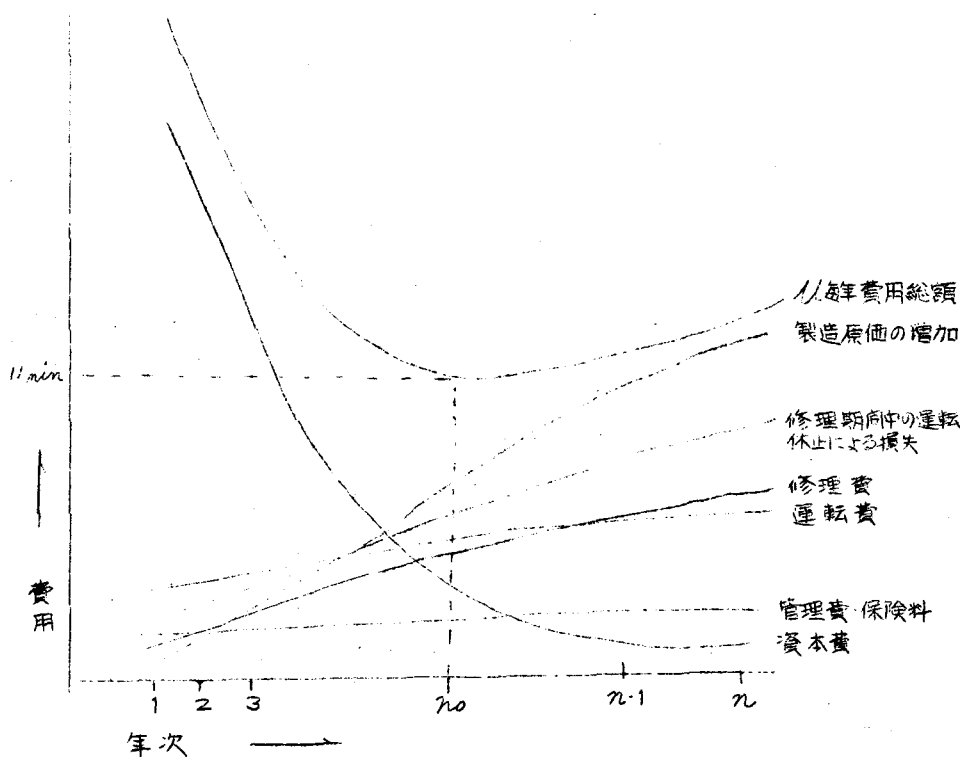
$$G = G_1 + \bar{g} (n - 1) / 2 \dots\dots\dots (2-3 \cdot 2)$$

取り替え理論において基礎となるのは、これらの値を知つて新旧資産についての同一額年年費用を知ることであるが、式 2 - 3 ・ 2 で示した関係から旧資産の費用増加額  $\bar{g}$  を利用するという便法がある。すなわち、新資産の将来の費用増加額を旧資産の増加額と同じと仮定して、新資産の将来の年支出を推定するのである。したがつて資産取り替えによる利益のうち資本費用を除いたもの、すなわち修繕費・労務費・材料費などの節約額を  $g_1$  とすれば、資産の年年増加額  $g$  は

$$g_1 \div \text{旧資産の現在の年令} \div g \qquad (2-3 \cdot 3)$$

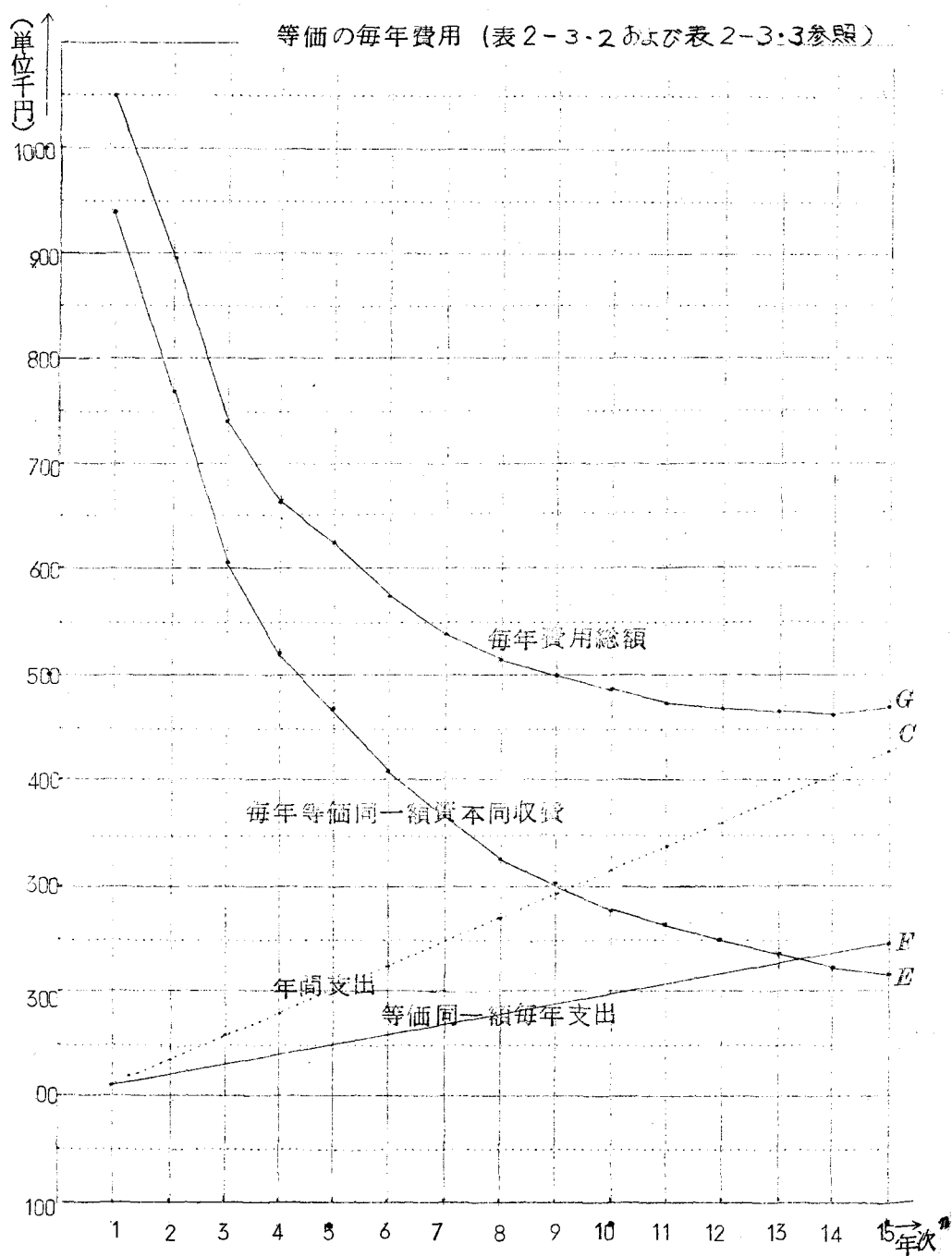
となる。この  $g$  を基礎として将来の費用の平均値が求められる。すなわち使用年数を  $n$  とすれば、将来の平均の費用増加額は、 $g(n-1)/2$  でこれを  $G_1$  に加えれば、式 2-3・2 が得られる。

図 2-3・1  $n$  年間の毎年費用総額の変化





円 図 2-3・2 ダンプトラック廃棄時の年次の関数としての



この  $g$  は G. Terbough が 1949 年 Dynamic equipment policy<sup>29)</sup> で始めて提案した傾斜度 (Annual gradient) という概念のものに相当する。G. Terbough の考え方を基に、いわゆる MAP I 方式<sup>31)</sup> と呼ばれる次式のような毎年費用の算定式が得られている。

$$U = \frac{P-L}{n} + \left(\frac{P+L}{2}\right) i + \frac{g(n-1)}{2} \dots\dots\dots (2-3 \cdot 4)$$

上式の第 1 項は減価償却の項、第 2 項は利子の項、以上の二つは資本費用の項であり、傾斜度  $g$  の項が第 3 項として加わっている。図 2-3・1 に示したような  $U$  の最小値  $U_{min}$  を見出すために、式 2-3・4 を  $n$  について微分して 0 とおけば、

$$n = \sqrt{\frac{2(P-L)}{g}},$$

$$\therefore g = \frac{2(P-L)}{n^2} \dots\dots\dots (2-3 \cdot 5)$$

これらの値を再び式 2-3・4 に代入すれば、

$$U_{min} = \frac{2(P-L)}{n} + \frac{(P+L)}{2} i - \frac{(P-L)}{n^2} \dots\dots\dots (2-3 \cdot 6)$$

$L=0$  のときは、

$U$  の値は式 2-3・4 より

$$U = \frac{P}{n} + \frac{P}{2} i + \frac{g(n-1)}{2} \dots\dots\dots (2-3 \cdot 4')$$

であり、このときの  $U_{min}$  は、式 2-3・5 より

$$n = \sqrt{\frac{2P}{g}} \quad \text{もしくは} \quad g = \frac{2P}{n^2} \dots\dots\dots (2-3 \cdot 7)$$

このことより、

$$U_{min} = \sqrt{2Pg + \frac{i}{2} \frac{P-g}{n^2}}$$

あるいは、

$$= \frac{2P}{n} + \frac{Pi}{2} - \frac{P}{n^2}$$

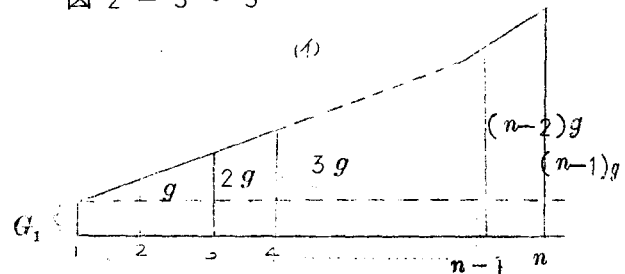
..... (2-3・8)

と近似的に求めることができる。

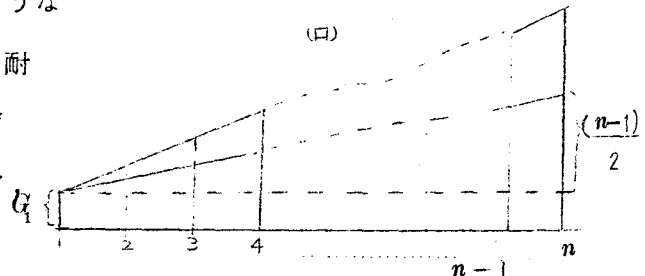
利子の項を省略し、資本費用と年支出 $g$ との関係だけから、 $U_{min}$ となるような $n$ を図式に求める方法が Railway age に紹介されている。<sup>36)</sup>それは、まず図 2-3・1 のように資本費用のカーブを描き、つぎに図 2-3・

3 の関係から  $G_1$  が 0 なら、常に年支出額の  $1/2$  が式 2-3・4 の第 3 項に相当することを知つて、その直線を原点から常に描き、さきに描いた曲線との交点を求める。交点を下におろし

図 2-3・3



たところの $n$ を  $U_{min}$  とするような耐用年数、いわゆる経済的耐用年数とするのである。いずれにしても傾斜度 $g$ がわかれば経済的耐用年数およびその耐用



年数だけ使用したときの経済比較ができるわけである。G・Terbough は、資本費に加えた式 2-3・4 の第 3 項もしくは式 2-3・2 の  $G_1$  に加えたものを稼働劣性 (Equivalent annual operating inferiority) と名付けており、 $U_{min}$  を不利最小額 (Adverse minimum) と呼ぶことにした。しかし、第 1 編に述べたように、式 2-3・4 で示したような年費用の算出方法は結局のところ減価償却費 + 平均利子法であり、このような方法は港湾

技術においてはなるべく使用しない方が良く第1編で述べた。それから図2-3・3から明らかなように、式2-3・4の第3項は各年次までの平均増加額をそのまま加えている。年年変化していく年支出額は、表2-3・3で計算しているように一度現価に換算し、等価の毎年同一額費用に換算して、資本回収費用に加えることが理論的に正しい。表2-3・3の計算もしくは図2-3・3の上の図から年年*g*ずつ増加していく場合、各年度の複利合計総額は、

$$\begin{aligned} & g \left[ \frac{(1+i)^{n-1}-1}{i} + \frac{(1+i)^{n-2}-1}{i} + \dots + \frac{(1+i)^2-1}{i} + \frac{(1+i)-1}{i} \right] \\ &= \frac{g}{i} \left[ (1+i)^{n-1} + (1+i)^{n-2} + \dots + (1+i)^2 + (1+i) - (n-1) \right] \\ &= \frac{g}{i} \left[ (1+i)^n - 1 + (1+i)^{n-2} + \dots + (1+i)^2 + (1+i) + 1 \right] - \frac{ng}{i} \\ &= \frac{g}{i} \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i} \right] - \frac{ng}{i} \end{aligned}$$

したがって、*n*年間の同一額毎年費用は、この複利合計総額に式1-7に示された減債基金係数を乗すればよいのであるから、（現価係数に*c・r・f*を乗じたものと等しい）

*g*の等価の同一額毎年費用

$$\frac{g}{i} - \frac{ng}{i} \left[ \frac{i}{(1+i)^n - 1} \right] \dots\dots\dots (2-3 \cdot 9)$$

が、稼働劣性の精密式となる。これを資本費用の精密式の式1-16に加えれば、

$$U = (P-L) \left[ \frac{i}{1 - (1+i)^{-n}} \right] + Li + \frac{g}{i} - \frac{ng}{i} \left[ \frac{i}{(1+i)^n - 1} \right] \dots\dots (2-3 \cdot 10)$$

となり、とくに *L* = 0 のときは、

$$U = P \left[ \frac{i}{1 - (1+i)^{-n}} \right] + \frac{g}{i} - \frac{ng}{i} \left[ \frac{i}{(1+i)^n - 1} \right] \dots\dots (2-3 \cdot 11)$$

式1-16の代りに式1-15を用い，式2-3・9の代りに  $g(n-1)/2$  を用いれば，

$$U = (P-L) \left[ \frac{1}{n} + \frac{1}{2} \cdot \frac{n+1}{n} i \right] + Li + g(n-1)/2 \cdots \cdots (2-3 \cdot 12)$$

となり， $L=0$ のときは，

$$U = P/n + P(n+1)i/2n + g(n-1)/2 \cdots \cdots (2-3 \cdot 13)$$

となる。これが，本方法論による近似式である。

毎年費用  $U$  は，資本費用に稼働劣性を加えたものに過ぎないから，比較上に便利な毎年費用であつて，真の毎年費用でない。したがつて，違つた系のものと経済比較するときは，この  $U$  に式2-3・2または図2-3・3に示した  $G_1$  もしくはその他の費用を加えねばならない。このように同じ基準で比較することを忘れてはならない。

前にも述べたように，同一額毎年費用の系における  $U$  の値にも，Adverse minimum  $U_{min}$  が存在する。前述のとおり，年年の費用の増加額は  $g$  で，任意の年次  $n$  の増加額は  $(n-1)g$  である。第  $n$  年次の翌年の増加額は  $ng$  である。翌年の操業上の増加額  $ng$  が  $U$  より小さい間は， $(n+1)$  年次の  $U$  の値は明らかに  $n$  年次のそれより小である。その翌年の操業上の増加額が  $U$  に等しいか，または  $U$  より大になるような第1年次は， $U$  の最小値に相当する年次である。投資額  $P$  に対して，特定の経済的耐用年数となるような  $g$  の値に対応して  $U$  の最小値の存在する範囲が存在するように思われる。特定の経済的耐用年数となる  $g$  の可能最低値は  $U = ng$  となるような値である。したがつて，式2-3・11において， $g = \frac{U}{n}$  を代入すれば，

$$U = P \left[ \frac{i}{1 - (1+i)^{-n}} \right] + \frac{U}{i} - \frac{U}{i} \left[ \frac{i}{(1+i)^n - 1} \right]$$

$$\therefore U + \frac{u}{(1+i)^n - 1} - \frac{u}{i} = \frac{Pi(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

両辺に  $i n \{ (1+i)^n - 1 \}$  をかけると、

$$U i n (1+i)^n - U i n + U i n - U (1+i)^n + U = P n i^2 (1+i)^n$$

これを  $(1+i)^n$  で除すと、

$$U \left\{ i n + \frac{1}{(1+i)^n} - 1 \right\} = P n i^2$$

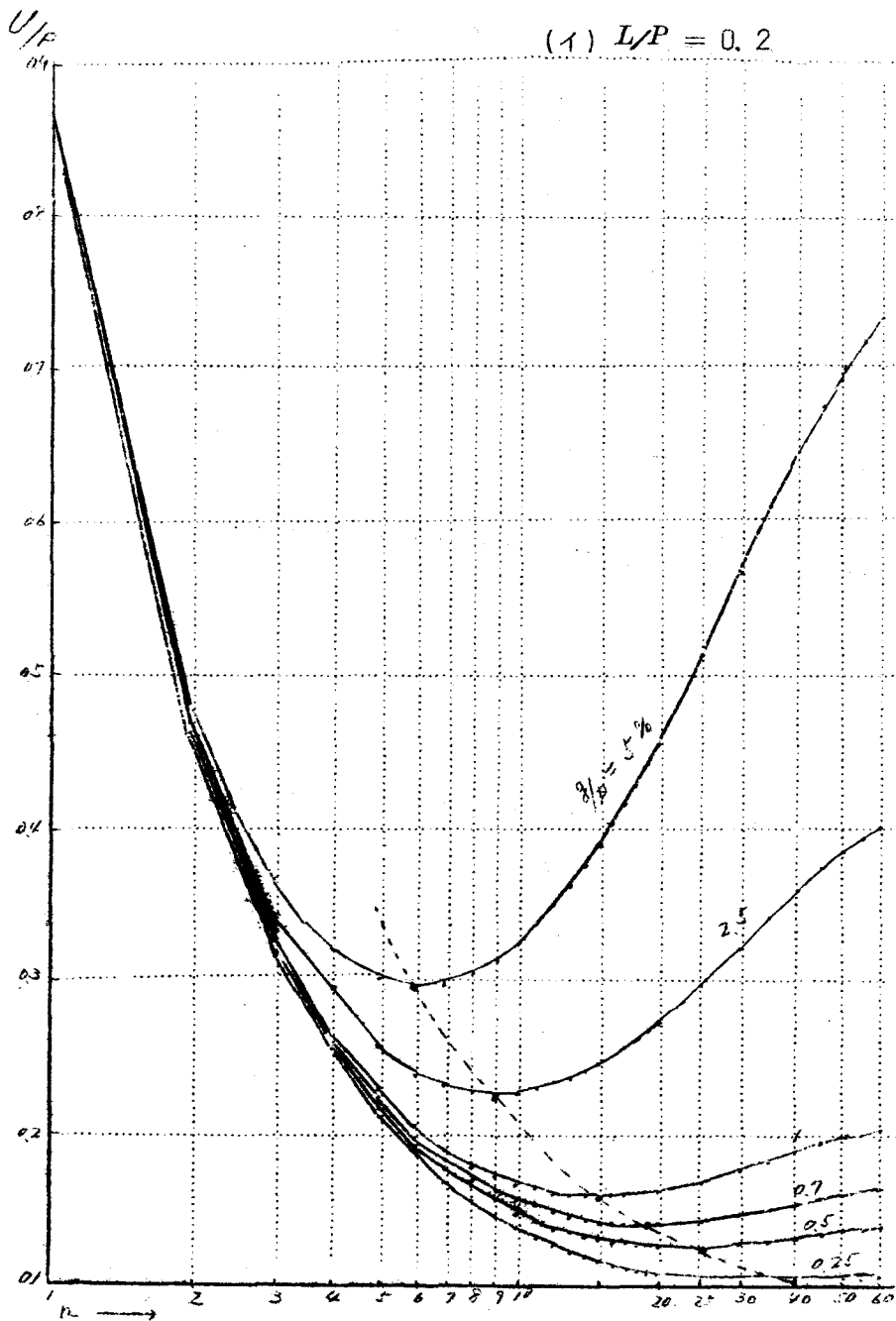
$$\therefore U = \frac{P n i^2}{i n + \frac{1}{(1+i)^n} - 1} \dots\dots\dots (2-3 \cdot 14)$$

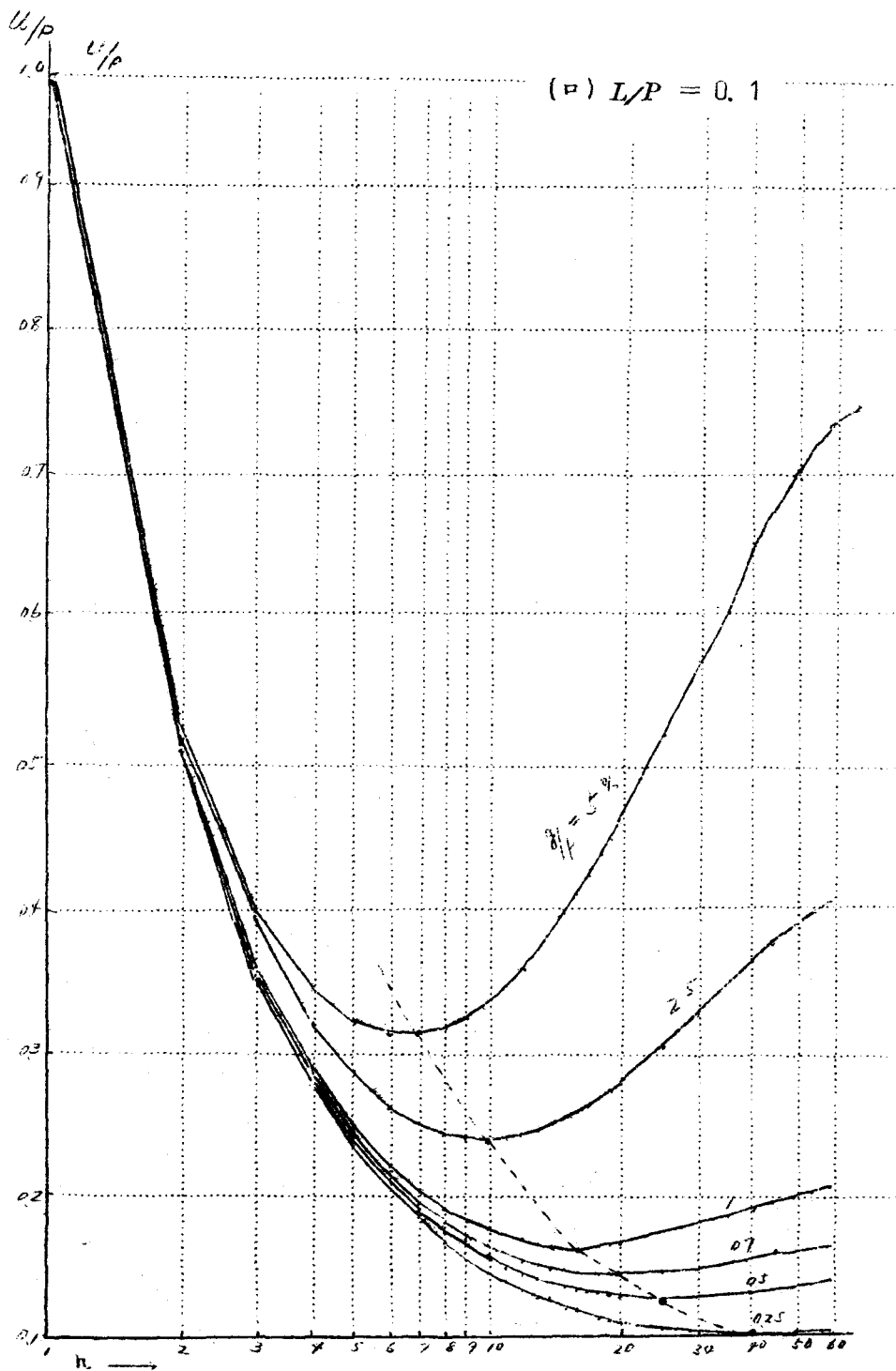
この  $U$  の値は、見積りの経済的耐用年数の関数としての毎年費用の存在領域の最低を示すものである。

このように解析的に解を求めるよりも、図 2-3・4 のように、式 2-3・11 を図解した方が便利である。しかし、こうした図が用意されないときは、代数演算のみの MAPI 方式の式 2-3・4 ~ 式 2-3・8 は確かに便利ではある。このことは、工学的な問題でもしばしば当面するように、式そのものは正確であつて、合理性を有しても、それに入れる数値、たとえば見積耐用年数・劣化性・残存価額の評価そのものに、人知で予測し得ない誤差を含ましめざるをえないとすれば、式そのものの精確さは好ましいことには違いないが、あまり意味がなくなる。均衡ということを忘れてはならないゆえんである。多少の精度をゆるめても、それによつて計算が迅速となり、諸種の計画上の比較がすみやかに行なわれるならば、合目的性を高く評価する本方法論の立場からは、MAPI 方式も捨てられないのである。このような点を除いては、第 1 編の論拠から、港湾技術において資産の取り替えを考慮

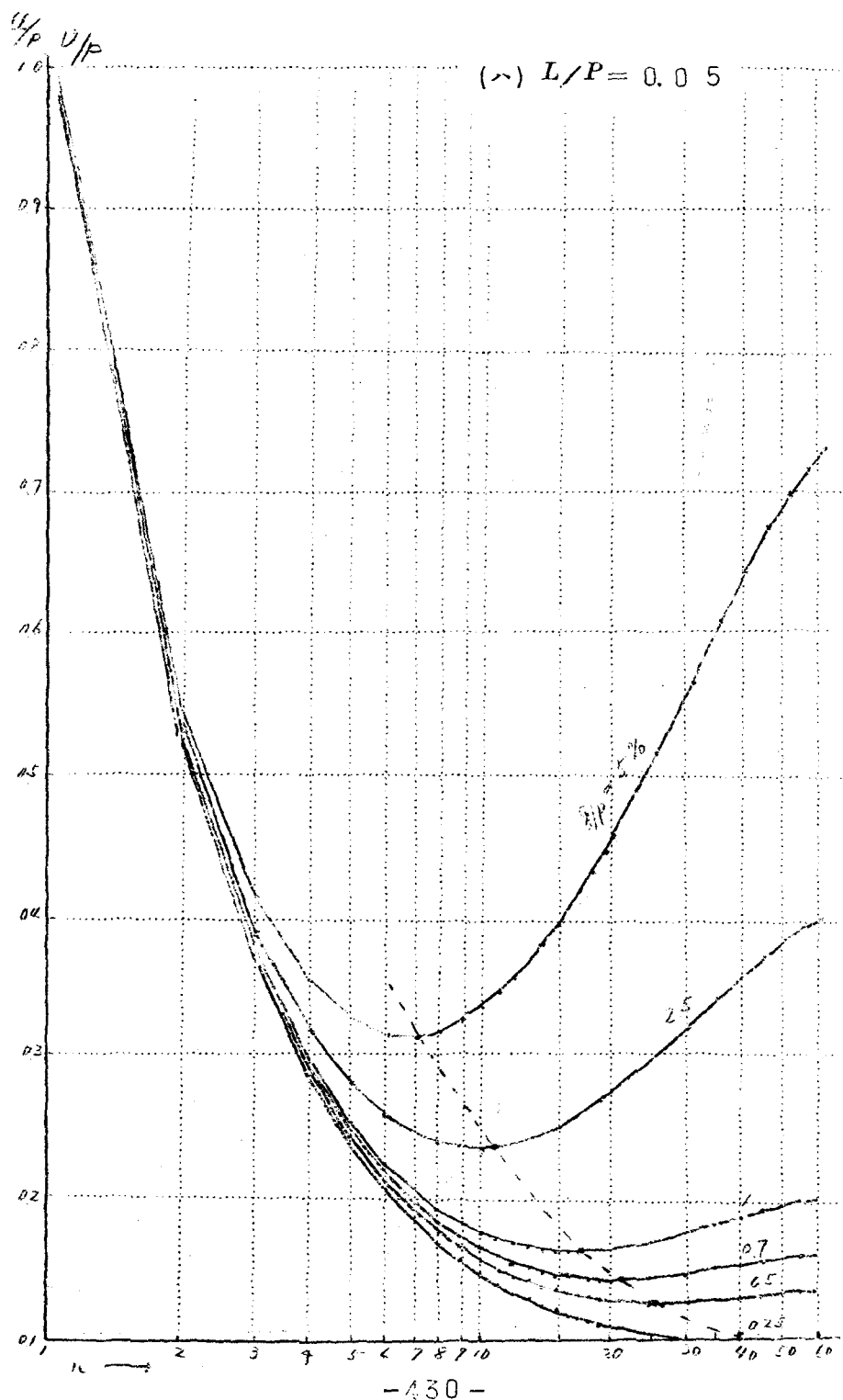
するときは，次節に述べるような方法がよいと思われる。

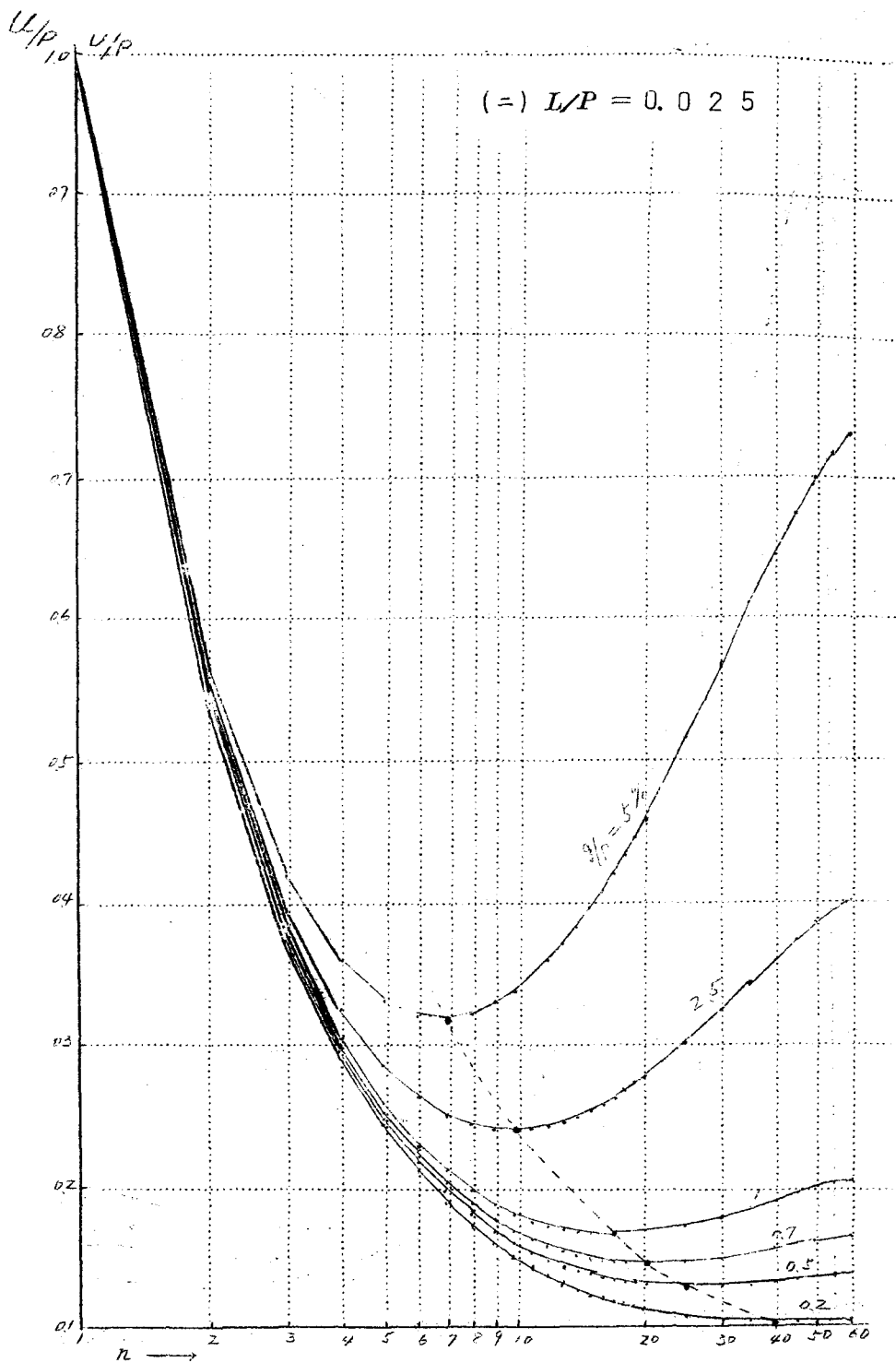
図 2-3・4 耐用年数  $n$  の関数としての毎年費用  $U/P$

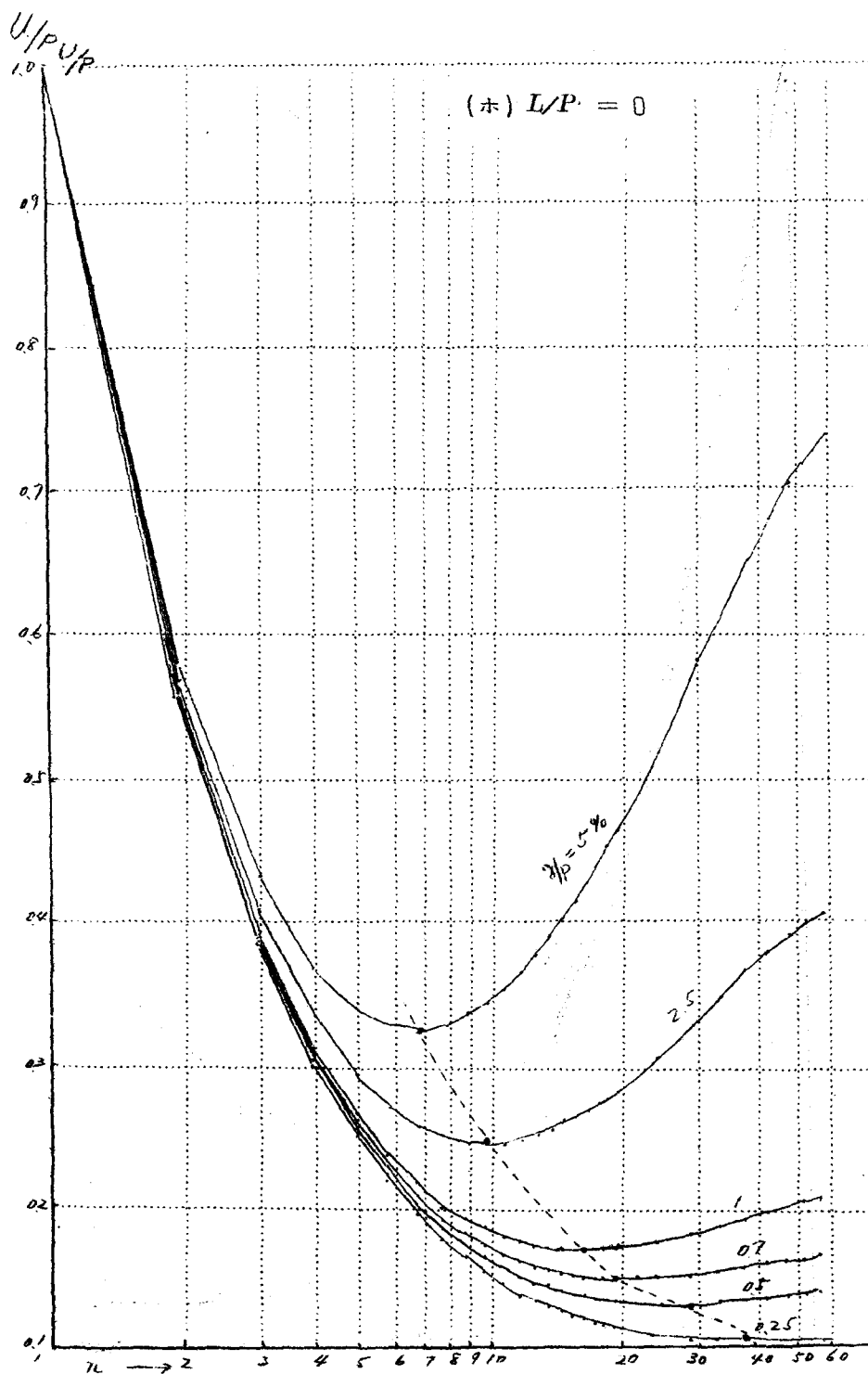












#### § 4. 取り替え基準図の作成と神戸港における適用例

資産の取り替えを決定づける動機となるものは、毎年費用の比較であり、これに影響を与えるものは、資産の純換金価値と年支出増加額であつた。式 2-3・10 は、これらの関係を模型的に表現するもので、 $U$  の値は、 $L$  と  $g$  をパラメーターとし、 $n$  の関数として表示され、図 2-3・4 はそれを図示したものである。図では、一般化するために式 2-3・10 の両辺を  $P$  で除し、投資に対する年費用の比率  $U/P$  を求めるようにしてある。そのため、資産の純換金価値は  $L/P$ 、また年年の支出増加額は  $g/P$  という比率で表わしている。

この図を使用するに当つての諸注意は、つぎの通りである。 $L$  は残存価額であるが、前節に述べたように、資産の市場純換金価額を専門的に評価して用うべきで、帳簿残存価額はやむを得ないときのみ使用が許される。その差異は、表 2-3・2 の B 欄のとおりである。 $g$  は図 2-3・2 の概念図を想起し、操業上、年年増加していく費用の増加額を採用すべきであつて、G. Terbough の傾斜度  $g$  の考え方と同様である。この場合、比較する諸資産による生産上の稼働劣性がすべて考慮されねばならない。したがつて、単に修理費などの増加分でなく、作業の休止期間の増加に伴う損失額の増加・品質の差異・大量生産による生産費用の向上などが見積もられねばならない。このように  $g$  の推定そのものに完全な正確さは期待されないが、旧資産の多くの記録は、その推定に有力な基礎を与える。それは、歴史は繰り返えすという仮定のもとでは許される。そうでないときは、実験以外に、新資産に対する推定は困難である。いずれにしても、原価管理に用いられる諸伝票は、このような記録を集計整理するに便利である。工事の類別は問わないが、減価償却費・利子・修理費・運転のための労務費・材料費・生産数量などは、

旧資産の資本費用・年支出費用もしくは  $g$  の算出に正確な資料を与える。従来のような会計経理の方法では、 $g$  の値の科学的な積算は困難であつた。もつとも簡単に  $g$  を求めるためには、毎年の諸支出額を計上し、それを結んで、年当りの増加額を求めればよいのであるが、年支出額は普通著しい凹凸を示す。前年にオーバーホールした機械の修理の今年の費用は少ないといった類である。したがつて最小自乗法などを用いるとよい。また歴史は繰り返すという仮定を使つて、この2～3年の資料から旧資産の年支出額を出し、それと新資産の年支出額を計算し、その差を稼働劣性として、式2-3・3のように旧資産の経過年数で除して、それを  $g$  としてもよい。

以上のようにして求めた  $L$  と  $g$  を  $P$  で除し、 $L/P$  と  $g/P$  を出しておけば、 $U/P$  の値は図2-3・4から求められる。図では、 $L/P$  は0から0.2まで5段階、 $g/P$  は0.25%から5%まで6段階計算されているが、その間は補間法を用いて推定できる。各図の曲線の最低点が  $U_{min}$  を示す点で、このときの  $n$  の値が経済的耐用年数と見なされる。したがつて、現在までの資産の経過年数がその  $n$  を越えているものは、取り替えが当然考慮されねばならない。もつとも簡単な取り替えは、同種の機能を有する新品との取り替えである。しかしこの取り替えに当つては、必ずあらゆる方法と比較して、利益率が最大になるような取り替え方法を選ぶべきであることはいうまでもない。また、普通港湾技術の用いられる事業所では、施設費という費目の総わくは無限にあるわけではなく、相当の制約を受けている。したがつて、本方法論の主張に従えば、数多くの資産の廃棄・取り替えが行なわれることになつても、一度に実現することが困難である。この場合にも利益率の算定による優先順位の評価が有用である。すなわち、ある施設機械の年経費が  $U_1$  で、一般に投資額が  $P_1$  で  $U_0$  という年経費のものに節約できるとすると、利益率は

$\frac{U_0 - U_1}{P_1}$  で算定される。このようなことを取り替えたい各施設・各機械について行ない、利益率の大きなものから取り替え計画を順次実施計画の中に折り込めていく。この場合、投資額  $P_1$  の額によつて重みづけの評価を行なうことも忘れてはならないことである。

つぎに図 2-3・4 から、取り替えに当つての 2~3 の注意を述べることにする。

(1) 廃棄の際の価額  $L/P$  が大きいと、同じ  $g/P$  に対して年費用  $U/P$  が小さい。したがつて年が経つても高く売れるものは、年年の費用は安くつく。

(2)  $L/P$  が 0.2 から 0.05 までの間は、 $g/P$  の値にかかわらず、同じ  $L/P$  の値に対して始めの年費用は大体等しく、 $L/P$  が 0.2 ~ 0.1 くらいの値では 2 年で 0.05 となり、 $L/P$  が 0 に近づくにつれて 2 年で 0.55 くらいの値となる。

(3)  $g/P$  が大きいとき、すなわち傾斜度が大きいときは、早く廃棄した方がよく、 $g/p$  が小さいときは、廃棄を遅らした方がよい。年費用は  $g/P$  の小さいものほど小さい。このことは、新資産に対する第 1 年次の支出を越える指定年次の支出超過額の小さい資産ほど、年費用は少なく、このような資産は長く使えば使うほど有利であるということ、逆にいうと、 $g$  の値が小さくなるように努力して、資産を長く使うことは、技術革新・効用の変化から発生するデブリエーションを除いては、有利であることを意味する。このことは、高くとも、よい機械は、結局得であるという一般常識を裏付ける。

(4) 年費用の高い資産は廃棄して、年費用の小さい資産に取り替えることを考慮すべきである。

(5) 前項の例として、つぎのような場合を考える。 $L/P=0$  ,  $g/P=5$

%の資産で4年を経過しているものは、 $U/P=0.365$ の年費用を有し、 $g/P=2.5$ %の資産で10年のものの年費用 $U/P=0.24$ より高いが、前者を7年保有すれば $U/P=0.32$ まで下げられるから、7年間使った後に $g/P=25$ %の資産に取り替えた方がよいということになる。このことは二つの計画案をつぎのように比較することによつて明らかである。ただし、この資産は、14年以降も引き続き使用するものとする。

表2-3・4 将来14年間の費用比較

ただちに置き替へる	$0.365 \times 4 + 0.24 \times 10 = 3.86 \quad (U/P)$
廃棄を延長する	$0.32 \times 7 + 0.24 \times 7 = 3.72 \quad (U/P)$

〔註〕この表では、新資産の経済的耐用年数は10年として、10年を経て、廃棄するものとしている。

I) ダムブトラックの場合：表2-3・2および表2-3・3は、当所のダムブトラックNo.115について調査したものである。購入価額は200万円、購入時期は昭和28年3月31日、市場における純換金価額の変動は、神戸市の業者や当所の国有財産担当職員の意見を基にして標準を表2-3・5のように定めた。表2-3・2のB<sup>1</sup>欄はこのようにして求めた価額である。この場合、屑鉄評価としては、当所において最近廃棄したトラックの売却価額を計上してある。このトラックの年間修理費は、表2-3・6のとおりである。表2-3・7は、燃料費・運転費の増加分を考慮したものである。この合計欄が表2-3・3のC欄に計上されている。

表 2-3・5 貨物自動車（国産車）価格年次低下率（％）

年 次	1 年	2	3	4	5	6 年以降
貨物自動車	1 0 0	6 0	3 5	2 5	1 5	(屑鉄評価)

〔 註 〕本表は標準で，もちろん各車の使用状況・修理の状況で大幅に変動する。

表 2-3・6 №115トラック修理費実績

年 次	昭 28	29	30	31	32	33
修理費 実績 (円)	67,500	8 0 0	169,235	199,450	159,490	120,232
理論修理費 (円)	64,500	86,500	108,500	130,500	152,000	174,500

〔 註 〕理論修理費は実績値から，最小自乗法で， $ax + b$ の係数を定めて求めた値（図 2-3・5 参照）

表 2-3・7 ダンプトラック №115 年支出

(単位＝円)

年 次	昭 28	29	30	31	32	33	摘 要
燃料費 その他	48,500	49,000	49,500	50,000	50,500	51,000	本例では増加額が少し少ないようである
理 論 修理費	64,500	86,500	108,500	130,500	152,000	174,500	(表 2-3・6 より)
計	113,000	135,000	158,500	180,500	203,500	225,500	

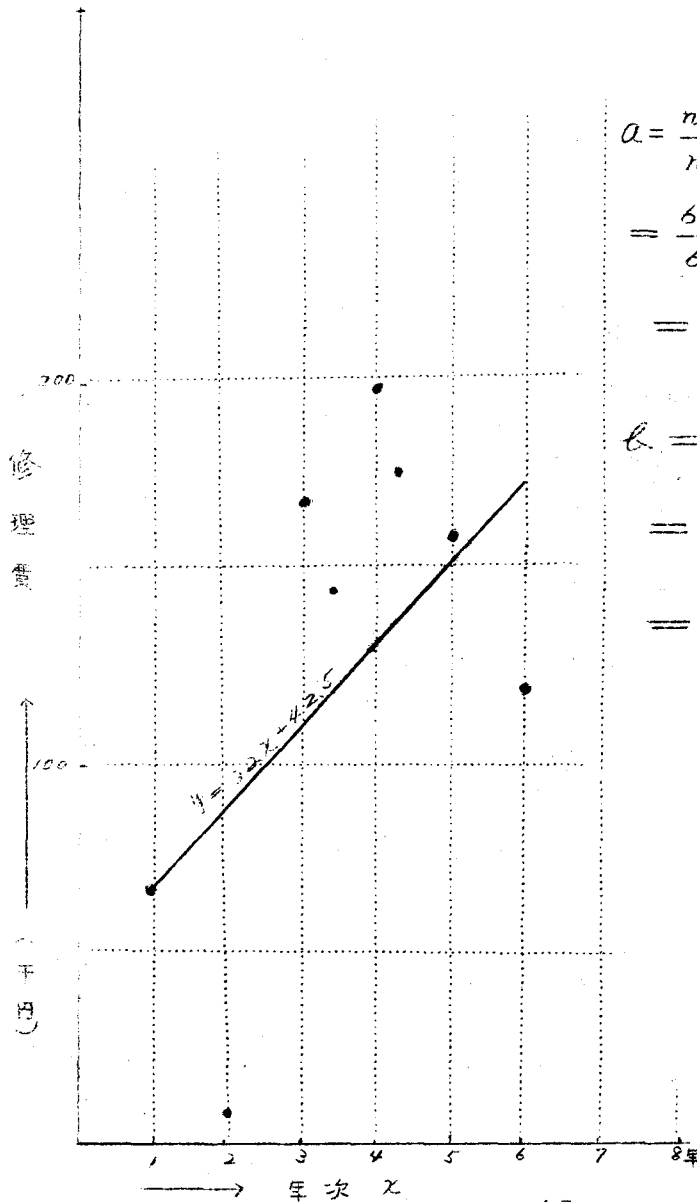


従つて、いま廃車して新車と取り替へることを計画したとし、新旧の年費用を計算すれば、つぎのとおりとなる。

$$P = 2,000,000 \text{ 円}, L = 50,000 \text{ 円}, g = 22,000 \text{ 円},$$

$$L/P = \frac{50,000}{2,000,000} = 0.025, \quad g/P = 1.1\%$$

図2-3・5 ダンプトラック修理費年増加



$$a = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)(\sum x)}$$

$$= \frac{6 \times 2893.4 - 21 \times 716.7}{6 \times 91 - 21 \times 21}$$

$$= \frac{2309.7}{105} = 22$$

$$b = \frac{(\sum x^2)(\sum y) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)(\sum x)}$$

$$= \frac{91 \times 716.7 - 21 \times 2893.4}{105}$$

$$= \frac{4458.3}{105} = 42.5$$

これらの値を用いて、図2-3・4の(=)から最小年費用 $U_0$ とそれの年次の $n_0$ を求めると、

$$U_0 / P = 0.19, \quad n_0 = 14$$

となる。現在、このダンプトラックは8年目であるから、いま新車と取り替えることは不経済である。また法定の耐用年数は表1-6(ロ)から5年、(ハ)から10年であるが、それと以上の結果は、大きな差があることに注意する必要がある。これは、トラック $\text{km}$ 115の使用が比較的少なく、 $g$ の値が小さいことに起因するものと思われる。

いま、純稼働100日とし、これを借り上げによる方法と比較すると、その経済計算は、表2-3・8のようになる。

表2-3・8

a) 借り上げの場合	b) トラック年費用
年間稼働 100日	$U_0 = 2,000,000 \times 0.19 = 380,000$
借り上げ料 6,000円/日	$G = G_1 \times n \times 0.04434$
(円)	$= 113,000 \times 14 \times 0.04434$
$6,000 \times 100 = 600,000$	$= 70,083$
	運転費 = 400,000
	計 850,083 (円)

これより稼働日100日程度なら、新車を購入するより借り上げを行なった方が経済的である。しかし、稼働日が150日を越えると、ダンプトラックを購入していつた方が有利である。 $g$ の計算に当つて、毎年の走行キロ、稼働日が異なる場合がある。このときは規準化を行なう必要がある。また、こ

の比較を行なうとき、トラックの年費用に $G$ と運転費を加えた。これは、図2-3・4では、 $G$ と運転費は新車も旧車も同経費であるので、省略して計算されているので、これを追加したものである。このことは、図2-3・3の $G_1$ を想起すれば了解される。なお、 $G$ を求めるために乗じた係数は、7%14年の減価基金係数である。また、 $U_0$ と $G$ とを加えたものは、表2-3・3の $G$ 欄の第14年次の数値と一致するのであるが、0.19という係数を図2-3・4から読んでいるから、若干の差が生じている。しかし実用上、図2-3・4の使用を妨げるものではない。これを、MAPI方式の式2-3・5および式2-3・6を用いて数値計算すると、

$$n = 13.2 \quad U_{min} = 348,750 \text{ (円)}$$

となり、 $n$ 、 $u$ に対し図2-3・4によるものより小さい値が与えられる。

Ⅱ) 作業用起重機の場合：本機は、ケーソンの型わくの吊込みに用いられるもので、製作月日は大正11年となつてゐる。荷重容量は2トン、回転半径は20m、電動機は2.5、7.5、10および30HPの4種類4台である。総重量は68.5トンである。大蔵省評価の基準35年に対して、実経過年は38年である。取得価額は不明であるが、いま、これと同じものをつくるとすれば17,000千円を要すると見積られる。これをいま廃棄して、新施設と取り換えようとして諸計算を行なえば、つぎのとおりである。

表2-3・9 塔型起重機の屑鉄評価

起重機純重量（構造物・電動機を含む）	50トン
バラスト重量	18.5トン
材料別評価（起重機の材質別比率による）	
銑鉄	23トン × 20,000円 = 460,000円

鋼材	40トン	×	18,000円	=	720,000円
鍛鋼材	1.5	×	12,000	=	18,000
铸材	3.5	×	12,000	=	40,000
銅材	0.5	×	80,000	=	40,000
計	68.5				=6,280,000

これが現在の純換金価値であるが、表2-3・10のような除却費用をこれから差し引かれねばならない。

表2-3・10 解体費見積り

酸素	100円	×	700立米	=	70,000円
アセチレン	300	×	400キロ	=	120,000
労務	1,000	×	350人	=	350,000
諸経費					60,000
計					600,000円

したがって、現在の市場純換金価値  $L$  は

$$L = 1,280,000円 - 600,000円 = 680,000円$$

つぎに  $g$  の計算であるが、運転費や電力消費・維持管理費は、現在と同じ能力のものと取り替える場合、同額とみて差し支えない。したがって修理費のみが影響するものとみて差し支えない。表2-3・11は過去8年間の修理実費で、C欄は最小自乗法で求めた理論実値である。

表 2-3・11 塔型起重機の修理実績

年 次 A	修 理 費 B	理論修理費 C	摘 要
昭26年	86,000円	149,000円	
27	254,000	233,000	
28	359,000	317,000	$C = a \times + b$
29	435,000	401,000	$= 84 \times + 65$
30	259,000	485,000	
31	420,000	569,000	
32	1,586,000	653,000	$e = 104,000 \text{円}$
33	140,000	757,000	

これより，

$$L/P = \frac{680,000}{17,000,000} = 0.04 \quad g/P = \frac{104,000}{17,000,000} = 0.61\%$$

近似的に図2-3・4の(ハ)を用いて，

$$n = 22 \text{ 年} , \quad U_0/P = 0.135$$

となる。したがって $n$ の値が法定耐用年数より短いということに注意する必要がある。現在38年も経過していることは，同じ能力をもつ起重機と取り替えるにしても，

$$\begin{aligned} (U_{38}/P - U_0/P)P &= (0.145 - 0.135) \times 17,000,000 \\ &= 170,000 \text{ 円} \end{aligned}$$

となつて，毎年17万円が節約される。早く取り替えねば，この金額は大き

くなる。もつとも $g$ の値は、実際には積算に用いたものより小さくなるかも知れない。このような計算値をそのまま決定の資料とすることは危険であるが、本例のような場合、劣性は決定的である。

前と同様にMAPI方式の式2-3・5から計算すると、

$$n = 17.6 \div 18 \text{ 年}$$

となり、これまたIと同様、本方法論で求めた精密法によるよりも小さい値がでる。このようにMAPI方式では、一般にきつい結果がでる。特に、耐用年数が長い場合に著しい。この理由は第1編で述べたとおりである。

このことは、早めに廃棄・取り替えを促す傾向にあるということである。神戸港では、このような結果に基づいて、塔型起重機の廃棄・取り替えを決定した。しかし、 $U$ の値がもつと小さくなるような施設、すなわち起重機容量を増加させれば、大きな型わくおよび鉄筋のパネルを吊込むことが可能であり、このため、ケーソン製作全体の工程を早めることが可能である。この利益と起重機に対する超過投資または現在ある起重機の基礎の補強など、建設費の超過投資と比較し、精密に利益率を計算して取り替え方式を決定していくのが、本方法論による正しい態度である。これについての研究がいま行なわれている。

## § 5. 結 語

広義に観察するならば、港湾技術の対象となる港湾施設そのものも、本章の対象である。しかし、そのデブリエーション、管理に要する諸掛費の内容を明らかにすることは困難である。工事管理の最近の進歩は、港湾事業を営む事業所において、原価管理を可能ならしめてきた。しかし、その事業所における施設および機械の廃棄、改良、取り替えに当たつての態度は消極

的であり、また一般的基準も見当たらない。港湾事業に用いられる施設および機械に投ぜられる費用は莫大なものである。本章は、第1編に述べた方法論をこれに適用、港湾技術のこの方面への発展を意図したものである。

廃棄もしくは、取り替えに当つてもつとも考慮すべきことは、考えられる諸方法間の経済的差異である。この場合、過去の支出記録は決定的なものではない。将来の利益率の大小のみが論ぜられる。いろいろの比較の際に用いられる投資額、残存価額などは、第1編に述べたように、考慮している時点に換算された市場の純換金価値をもつて評価しなければならない。特に注意を要するのは、会計法上の才入・才出の区分である。国民経済的立場に立つて考察するとき、旧資産の売却費が新資産の投資額の一部にあてられないからといってこれを収入として考慮しない習慣は捨てさるねばならない。§ 2.では現行国有財産法の諸規則による資産の減価償却・残存価格というものが、いかに非現実的なものであるかを述べた。一般に、資産の使用年数を延長すれば、毎年等価の資本回収費用は減じていく。廃棄・取り替えを考えると、資産の資本に関する事項のみでなく、運転費・管理費・維持費・修繕費などをも含めて考察していかなければならない。運転費・管理費は、資産の使用年数の延長によつて変らなくとも、修繕費などは、一般に増加していく。また、燃料費などの増加していく場合がある。効率の減少は、製造単価を引き上げるものである。このようなことが、廃棄・取り替えの動機となるものである。J. Deanのあげた取り替えの動機は、いかにもありえないような理由であるが、実際に行なわれていることを否定できない。本章では取り替えの基礎的な考え方としてつぎのように主張した。すなわち、旧資産を維持する場合と対比した利益もしくは、費用の節約額を新設備に必要な資本投下額と対比せしめ、その利益率の大小を比較して、大きなものを選択すべきとしたもの

である。

廃棄・取り替えの理論構成に尽した G・Terbough, M・A・P・I. の功績は大きい。この思想を、第1編に述べた諸理論と結合して、理論的に正しい廃棄・取り替えの基準式を誘導することができる。しかし、実用的には、G・Terbough, MAPI の式には劣る。それは計算が困難だからである。よつて筆者はさらに図2-3・4のように、図表を用意した。 $L/P$ 、 $g/P$  という指標で、いろいろの  $U/P$  を知ることができる。またそれによつて  $U_{min}/P$  の値を知ることができ、その値をとる  $n$  の値を求めて、資産の経済的耐用年数を求めることができる。この図は廃棄・取り替えの諸問題を処理するとき、有用に用いられるものと思う。この場合、残存価額  $L$  は、残存率などを用いた仮定のものでなく、専門家の間で正しく評価された市場価値を適正に有する価額でなければならず、年年の費用増加額  $g$  は、また実際のものでなければならない。原価計算の諸伝票は、ここに有効に使用されねばならない。

神戸港における2例は、現在官公庁における資産管理の不手際をそのまま露呈する結果となつた。すなわち、第1例では、ダンプトラックは有効に利用されていないのではないかという疑いを持たせ、第2例では、不経済な施設を、保有し過ぎていたということが明らかとなつたのである。第1例から、他に専門業者がおるようなトラック、乗用車、ミキサー、ある種の船舶などの取り替えに当たつては、ただ、莫然と旧資産と同様のものを新しく求めていくという態度は戒しめねばならないことを教える。一般的にいうならば、このような施設および機械は保有すべきでなく、進んで他の専門業者に請け負わせるべきもある。しかし、予算科目上の制約がこのようなことを困難ならしめることがあるが、進んでそのような障害を排除する必要があると思う。



第2例は、国有財産法に基づく諸規則に定める耐用年数をも超過していたが、これを超過してなくとも、もつと早く他の施設と更新しておらねばならなかつた。この場合においても、旧施設と同程度の性能をもつものへの取り替えのみでなく、工種の改良などをも考慮した総合的な考察が強くのぞまれるのである。

G. Terbough もしくはMAPI 方式は、一般にきつい値がでる。本章に示した筆者の方法は、より合理的であり、公共資産の問題を処理するにより適当な値を示すものと思う。しかし一般には、国有財産法とう現行の諸規則に基づく耐用年数より若干短い結果をもたらすと思う。そのことが、本方法論の第1編に述べた所論から、より国民経済に寄与するならば、諸規則や慣行にこだわることなく、漸次本方法論による方法に切り換えていくべきである。厳格な原価管理制度は、このことを一層適正なものへと導くと思う。

一般にこの種の問題は、新しく施設を購入する場合ほどに関心が払われない。新しく港湾を建設する熱意ほどに、旧施設の保全や、改良、取り替えに考慮が払われないのと同じである。しかし、この問題は、港湾技術の一つの盲点であり、この面の改良は、港湾技術の進歩ひいては、国民経済の改良進歩に大きな影響を与えるものと信じている。

## 第 4 章 円弧すべりの新計算法

### 目 次 詳 細

§ 1. 概 説 .....	4 4 8
§ 2. 円弧すべり安全率 $F$ の理論式の算出 .....	4 5 1
§ 3. Box - Wilson 法による $\min F$ の求めかた .....	4 6 0
§ 4. 計 算 例 .....	4 7 5
§ 5. 結 語 .....	4 7 7

軟弱地盤を対象とする工事の設計では、ほとんどすべての場合に、円弧すべりに対する検討が必要となってくる。従来円弧すべりの安全率  $F$  は、いわゆるスエーデン式図解法によつて計算される場合が多い。<sup>5)</sup> これはすべり円の中心位置および円弧の半径を適当に変化させて、数多くの  $F$  の値を求め、これらの  $F$  の値の中で最小のものを選んで、構造物の安定を評価しようというのである。このような計算法では、正確に行なう必要から計算の回数も多く（一つの設計断面に対して 40～70 回）、多大の労力と時間を必要とする。これに従事する技術職員は、かなりの経験者であることも要する。

円弧すべりの安全率は一般に、

$$F = \frac{M_{rc} + M_{rf}}{M_a + M_{aw}} \quad (2-4.1)$$

とあらわされる。ここに、

$M_{rc}$  = 粘着力による抵抗モーメント

$M_{rf}$  = 摩擦力による抵抗モーメント

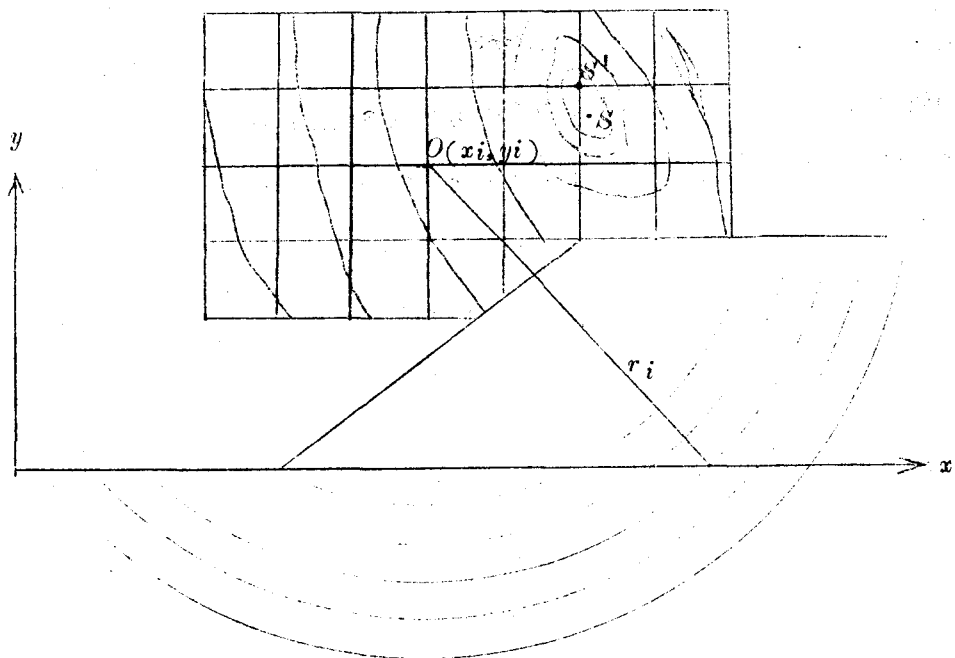
$M_a$  = 堤体による転倒モーメント

$M_{aw}$  = 残留水による転倒モーメント

従来の計算法では、堤体断面上にすべり円の中心座標  $(x_i, y_i)$  を任意に定め、半径  $r_i$  をいろいろに変えて、図解法により式 2-4.1 を一つ一つ計算して  $F$  を求めている。このような図解法による場合、一つの  $F$  の値を計算するのに、1～2 時間もかかつてしまう。そこで、この時間を節約するために、簡略法がいろいろ考究されているが<sup>5)</sup>、計算法自体の体系は変わらないようである。

円弧すべりの系全体で最小の  $F$  の値を求めるのに、従来とられてきた方法を述べると、多少のやり方の相違はあるが、図 2-4・1 の  $x, y$  平面上に格子をつくり、各格子点をそれぞれ円弧の中心に選び、円の半径  $r_i$  の値を変化させて、式 2-4・1 を計算することにより、各格子点における計算を行なった範囲での  $F$  の最小値を求める。この場合、変数  $r_i$  を数回変化させて  $F$  の最も小さい値をとるから、必ずしもその点における正確な最小値では

図 2-4・1 格子点法による従来の計算



ない。このようにして求めた各点の最小値を基にして、図のように等高線群を画き、系全体の最小値は等高線の谷の位置  $S'$  において、起こるものとして  $\min F$  を推定する。この場合、実際の  $\min F$  は  $S$  の位置に  $S'$  の位置における値よりも小さな値で生じているかも知れない。したがって求めたものが真の最小値であるかどうかの保証はない。しかし、これをもつてこの構造

物の安定を評価し得る安全率であるとしてきたわけである。

ここで一つの疑問が生じる。求めるのはこの真の最小値であるにもかかわらず、求めていたものは、位置および半径においても、また  $F$  の値においても真の最小値には理論的に、あまり関係がない。また、真の最小値となる  $F$  の値と同等の精度でそれ以外の  $F$  の値が計算されている。等高線は元来あまり必要なものでなく、早く谷底にある真の最小値  $\min F$  を求めるのが究極の目的であるはずである。

このような疑問は次のような解決への緒口を与える。すなわち、 $F$  の値は変数  $(x, y, r)$  の関係である。したがって  $F$  の値が最小となるような  $x, y, r$  の値を求める問題であるから、第1編第5章 §8 に述べた一般法に従つて、 $F$  の関数型をまず考え、それを  $x, y, r$  についてそれぞれ偏微分して 0 とおいた三つの連立方程式を解けば、その極値が求まるはずである。しかし、 $F$  の関数型自体が頗る複雑で超越関係を含む高次式であることから、以上のことが理論的に可能であつても、実用的でないことになる。 $x, y, r$  の任意の値によつてきまる  $F$  の値は、この三因子空間内に無数にあるわけであるが、 $F$  の値の等しい等曲面はある曲面をなす。図 2-4・1 に表示された等高線群は、 $x, y$  に一定の値を与えたとき、 $F_{\min}$  となるような  $r$  の値についての  $F_{\min}$  等高線を  $x, y$  面上に投影したものであるといふことができる。等値の  $F$  の曲面群の中心というべき点から遠ざかつた点の付近の曲面の状態は、恐らく平面に近いであろう。このことは、図 2-4・1 で示される等高線群の外側では、ほとんど等高線が互いに平行であることから、この仮説は近似的に正しい。したがつてこのような点付近では、一次平面を想定しても差し支えないわけである。問題はこの平面の  $x, y, r$  に対する傾きである。それは、 $S$  点に到達するためには、この傾きを調べて、勾配の急なる方向に

0 点（この場合  $x$  ,  $y$  のみでなく  $r$  を含めて考える）を進めればよいことになる。このことは、山登りやスキーの直滑降で教えるところでもある。したがって、まず、 $x$  ,  $y$  面上任意の一点 0 で任意の半径  $r$  を想定して、 $F$  を求める。次にこの  $F$  の廻りの同じ値をもつ他の  $F$  の群の状態を調べる。そして面の傾きから、もつとも傾斜の強い方向に  $x$  ,  $y$  ,  $r$  のいずれかを移動させていく。こうすれば、 $F$  の値はどんどん小さくなっていくはずである。傾きを知る方法は、デタラメにやつても求まるが、最も手間を少なくするために第 1 編第 4 章 § 2. で述べた実験計画法の知識を用いる。そしてシステマティックに極点  $M$  を最短距離でとらえようとするのである。

統計学者 Fisher が実験計画法を編み出した動機は、田んぼの収穫量を最大にするために、肥料と気温と地味をどのように組み合わせばよいかということに始まったといわれる<sup>6)</sup>。第 1 編第 3 章 § 2. で述べたことを想起してみる。円弧すべりで疑問をいただいたわれわれは、Fisher の田んぼの収穫量増大の問題と本質的に変わらない問題に直面したことに気付くのである。すなわち、 $F$  の値の最小値を求めるのに、 $x$  ,  $y$  ,  $r$  をいかに組み合わせればよいかという問題である。しかも、極点  $M$  から遠く離れたところでは、1 次平面と仮定しても差し支えないということがすでにわかっている。このような考え方は、式 1-23 のところで問題の単純化として述べたことの応用として進めていけばよいのである。

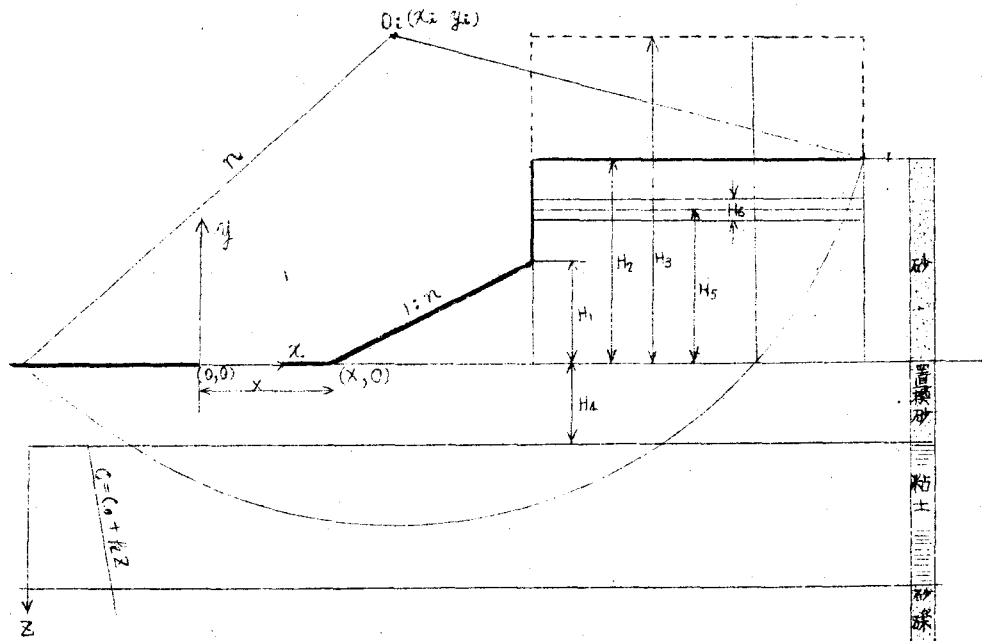
まず、手始めに、円弧すべりの安全率  $F$  の理論式を算出しておこう。

## § 2. 円弧すべり安全率 $F$ の理論式の算出

図 2-4・2 に示す一般的な堤体断面について、円弧すべり安全率  $F$  の理論式を求めてみる。そしてこの系の原点を堤体法尻から左の方に  $X$  だけはな

れたところにとつておき，図においてつぎの記号を用いる。

図 2-4・2 堤体断面図

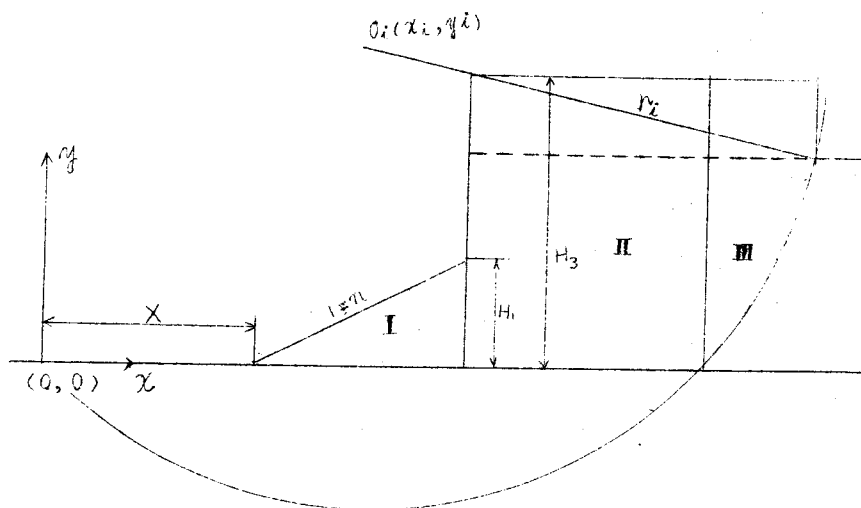


- |                |                      |
|----------------|----------------------|
| $n$ = 法 勾 配    | $H_4$ = 置換砂の厚さ       |
| $H_1$ = 法 高    | $H_5$ = 残留水位の中心までの高さ |
| $H_2$ = 堤体の実高さ | $H_6$ = 残留水位         |
| $H_3$ = 堤体の換算高 |                      |

#### 1) 堤体による転倒モーメント

堤体による転倒モーメントを，図2-4・3のⅠ，Ⅱ，Ⅲの部分にわけて算出し，それぞれのモーメントを $M_{aⅠ}$ ， $M_{aⅡ}$ ， $M_{aⅢ}$ であらわすことにした。

図 2-4・3 堤体による転倒モーメント



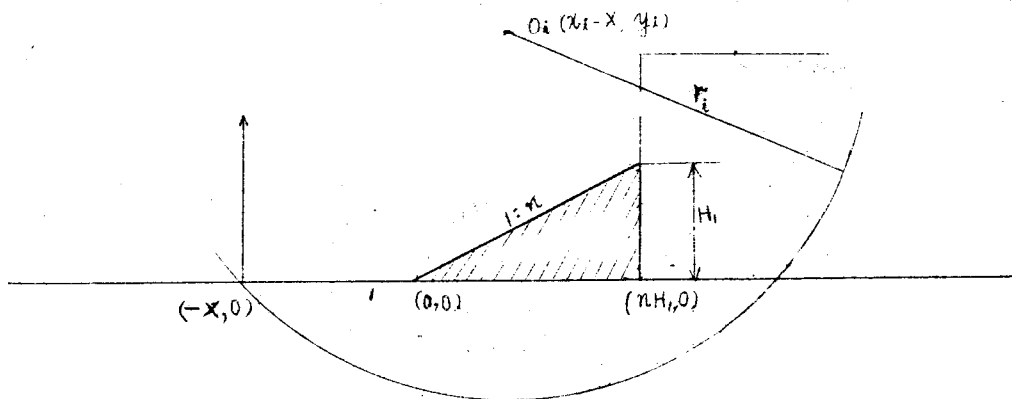
(i)  $M_{a1}$  の算出 : 堤体の法尻に座標原点を選び, すべり円の中心

$O_i(x_i - x, y_i)$  に対する転倒モーメントを算出すると,

$$M_{a1} = \gamma \int_0^{nH_1} \{x - (x_i - X)\} \cdot \frac{1}{n} \cdot x \cdot dx$$

$$= \frac{1}{3} \gamma n^2 H_1^3 + \frac{1}{2} \gamma n H_1^2 (X - x_i) \dots\dots\dots (2-4 \cdot 2)$$

図 2-4・4



ここに,  $\gamma$  は堤体の換算単位重量である。

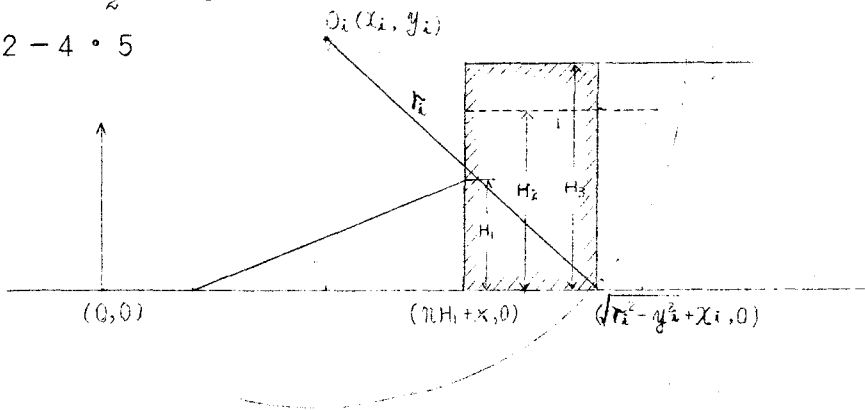


(丑)  $M_{aII}$  の算出 : 座標原点は動かさないで, すべり円を中心

$O_i(x_i, y_i)$  に対する転倒モーメントを算出すると,

$$\begin{aligned}
 M_{aII} &= \int \sqrt{r_i^2 - y_i^2 + x_i} \\
 &\quad (x - x_i) H_3 \cdot dx \\
 &\quad nH_1 + X \\
 &= \frac{1}{2} \gamma H_3 [r_i^2 - y_i^2 - (X - x_i)^2] - \gamma nH_1 \cdot H_3 \cdot (X - x_i) \\
 &\quad - \frac{1}{2} \gamma n^2 H_1^2 \cdot H_3 \quad (2-4.3)
 \end{aligned}$$

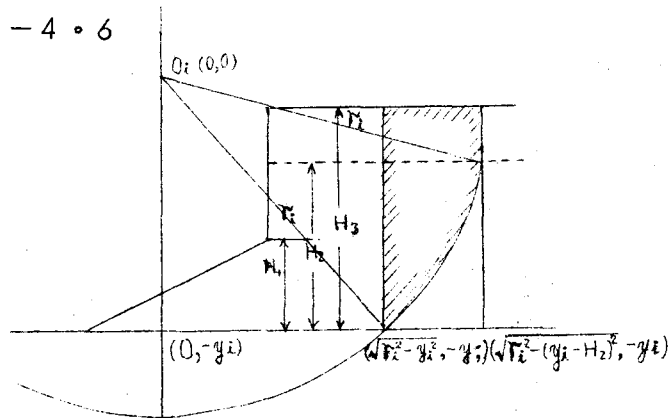
図 2-4・5



(寅)  $M_{aIII}$  の算出 : すべり円を中心を座標原点に選んで,  $O_i(0,0)$

に対する転倒モーメントを算出すると,

図 2-4・6



$$M_{a\text{II}} = r \int \frac{\sqrt{r_i^2 - (y_i - H_2)^2}}{\sqrt{r_i^2 - y_i^2}} x \left\{ \sqrt{r_i^2 - x^2} - (y_i - H_3) \right\} dx$$

$$= \frac{1}{2} r H_2 (2H_3 - H_2) y_i - \frac{1}{6} r H_2^2 (3H_3 - 2H_2) \quad (2-4.4)$$

したがって堤体による転倒モーメントは，

$$M_a = M_{a\text{I}} + M_{a\text{II}} + M_{a\text{III}}$$

$$= \frac{1}{3} r n^2 H_1^3 + \frac{1}{2} r n H_1^2 (X - x_i)$$

$$+ \frac{1}{2} r H_3 [r_i^2 - y_i^2 - (X - x_i)^2] - r n H_1 \cdot H_2 (X - x_i)$$

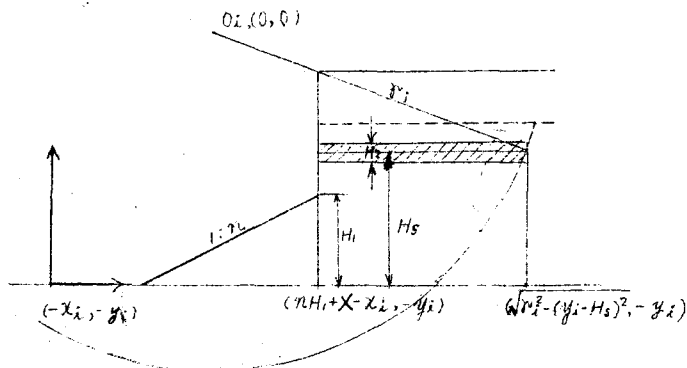
$$- \frac{1}{2} r n^2 H_1^2 \cdot H_3$$

$$+ \frac{1}{2} r H_2 (2H_3 - H_2) y_i - \frac{1}{6} r H_2^2 (3H_2 - 2H_3) \quad (2-4.5)$$

## 2) 残留水による転倒モーメント

すべり円の中心を座標原点に選んで， $O_i (0, 0)$  に対する残留水による転倒モーメントを算出すると，

図 2-4・7



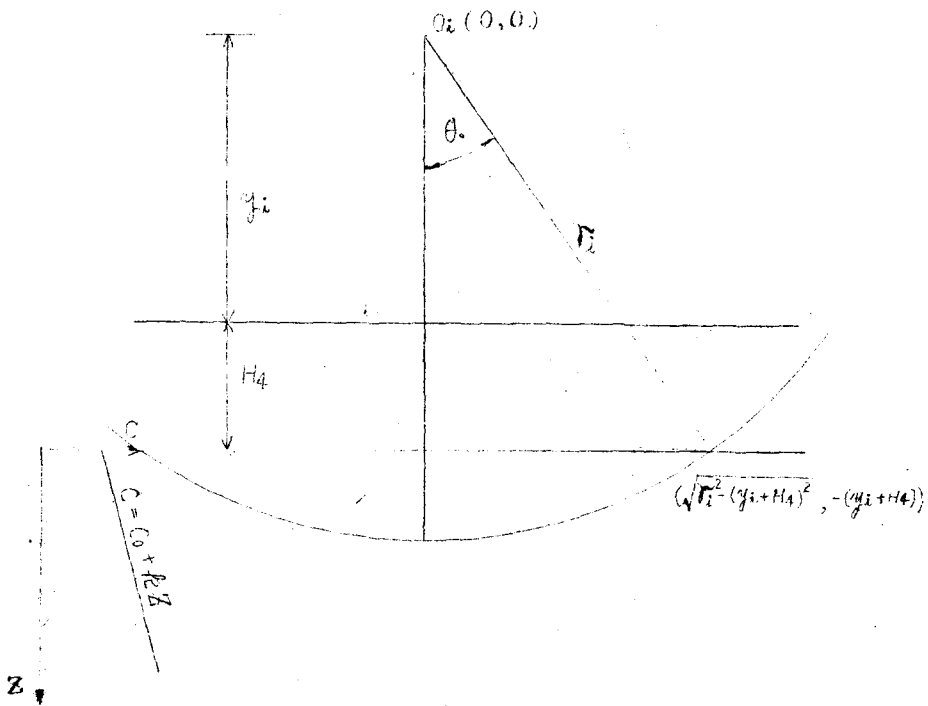
$$U_{aw} = \int_{nH_1 + X - x_i}^{\sqrt{r_i^2 - (y_i - H_5)^2}} H_6 x \, dx$$

$$= \frac{1}{2} H_6 [r_i^2 - (y_i - H_5)^2 - (nH_1 + X - x_i)^2] \quad (2-4.6)$$

### 3) 粘着力による抵抗モーメント

粘着力の大きさが地盤で一定ということは、実際の地盤ではまれであり、さらにサンドドレーンのために、強度の不連続な区域が入り混っていることも多い。粘着力分布が、図2-4・8のような場合に、運輸技術研究所の石井博士は、粘着力による抵抗モーメントを次式であらわしている<sup>5)</sup>。

図 2-4・8



$$\begin{aligned}
 M_{rc} &= 2 \left\{ C_0 r_i^2 \theta_j + k r_i^3 \int_0^{\theta_0} (\cos \theta - \cos \theta_0) d\theta \right. \\
 &= 2 \left\{ C_0 r_i^2 \theta_0 + k r_i^3 \sin \theta_0 - k r_i^3 \cos \theta_0 \cdot \theta_0 \right\} \quad (2-4.7)
 \end{aligned}$$

ここで

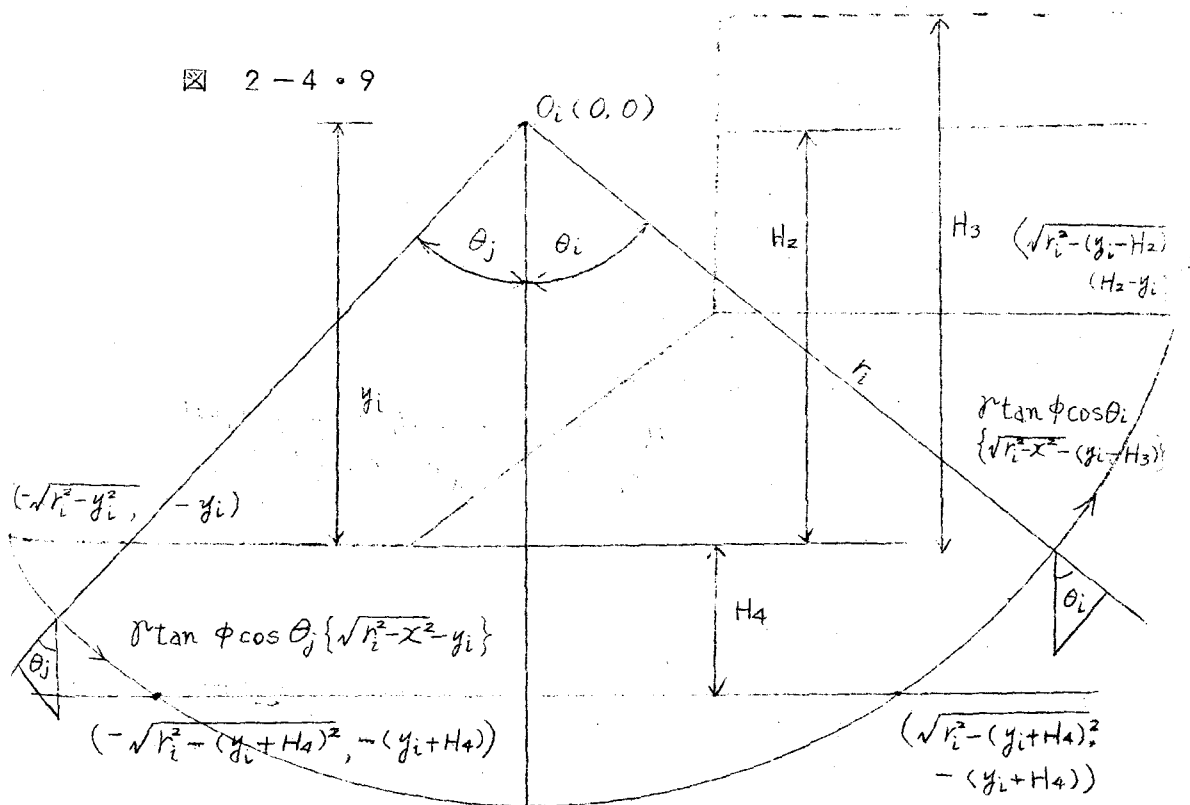
$$\cos \theta_0 = \frac{(y_i + H_4)}{r_i} \therefore \sin \theta_0 = \frac{1}{r_i} \sqrt{r_i^2 - (y_i + H_4)^2}$$

ゆえに

$$M_{rc} = 2 r_i^2 \left\{ \left[ C_0 - k(y_i + H_4) \right] \cos^{-1} \left( \frac{y_i + H_4}{r_i} \right) + k \sqrt{r_i^2 - (y_i + H_4)^2} \right\} \quad (2-4.8)$$

#### 4) 摩擦力による抵抗モーメント

摩擦力による抵抗モーメント系を考えると，図 2-4・9 のようになる。図 2-4・9 において：



$\tan \phi$  = 砂の摩擦角

$$\sin \theta_i = \frac{x_i}{r_i} \therefore \cos \theta_i = \frac{1}{r_i} \sqrt{r_i^2 - x_i^2}$$

この関係式によつて、 $\theta_i$  は  $x_i, r_i$  の関数としてあらわすことができるから、摩擦力による抵抗モーメントは、右側の部分について、

$$\begin{aligned} M_{rfI} &= r r_i \tan \phi \int \frac{\sqrt{r_i^2 - (y_i - H_2)^2}}{\frac{1}{r_i} \sqrt{r_i^2 - x^2} \left\{ \sqrt{r_i^2 - x^2} - (y_i - H_3) \right\}} dx \\ &= r \tan \phi \left\{ \sqrt{r_i^2 - (y_i - H_2)^2} \left[ \frac{2}{3} r_i^2 + \frac{1}{3} (y_i - H_2)^2 - \frac{1}{2} (y_i - H_2) (y_i - H_3) \right] \right. \\ &\quad \left. - \sqrt{r_i^2 - (y_i + H_4)^2} \left[ \frac{2}{3} r_i^2 + \frac{1}{3} (y_i + H_4)^2 - \frac{1}{2} (y_i - H_3) (y_i + H_4) \right] \right. \\ &\quad \left. - \frac{1}{2} r_i^2 (y_i - H_3) \left\{ \sin^{-1} \frac{\sqrt{r_i^2 - (y_i - H_2)^2}}{r_i} - \sin^{-1} \frac{\sqrt{r_i^2 - (y_i + H_4)^2}}{r_i} \right\} \right\} \dots (2-4, 9) \end{aligned}$$

同様にして、左側の部分について、

$$\begin{aligned} M_{rfII} &= r r_i \tan \phi \int \frac{\sqrt{r_i^2 - y_i^2}}{\frac{1}{r_i} \sqrt{r_i^2 - x^2} \left\{ \sqrt{r_i^2 - x^2} - y_i \right\}} dx \\ &= r \tan \phi \left\{ \sqrt{r_i^2 - y_i^2} \left[ \frac{2}{3} r_i^2 - \frac{1}{6} y_i^2 \right] \right. \\ &\quad \left. - \sqrt{r_i^2 - (y_i + H_4)^2} \left[ \frac{2}{3} r_i^2 + \frac{1}{3} (y_i + H_4)^2 - \frac{1}{2} y_i (y_i + H_4) \right] \right. \\ &\quad \left. - \frac{1}{2} r_i^2 y_i \left\{ \sin^{-1} \frac{\sqrt{r_i^2 - y_i^2}}{r_i} - \sin^{-1} \frac{\sqrt{r_i^2 - (y_i + H_4)^2}}{r_i} \right\} \right\} \dots (2-4, 10) \end{aligned}$$

ゆゑに摩擦力による全抵抗モーメント  $M_{rf}$  は、

$$\begin{aligned} M_{rf} &= M_{rfI} + M_{rfII} \\ &= r \tan \phi \left\{ \sqrt{r_i^2 - (y_i - H_2)^2} \left( \frac{2}{3} r_i^2 + \frac{1}{3} (y_i - H_2)^2 - \frac{1}{2} (y_i - H_2) (y_i - H_3) \right) \right. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& -\sqrt{r_i^2 - (y_i + \bar{H}_4)^2} \left\{ \frac{2}{3} r_i^2 + \frac{1}{3} (y_i + \bar{H}_4)^2 - \frac{1}{2} (y_i - \bar{H}_3) (y_i + \bar{H}_4) \right. \\
& - \frac{1}{2} r_i^2 (y_i - \bar{H}_3) \left\{ \sin^{-1} \frac{\sqrt{r_i^2 - (y_i - \bar{H}_2)^2}}{r_i} - \sin^{-1} \frac{\sqrt{r_i^2 - (y_i + \bar{H}_4)^2}}{r_i} \right\} \\
& - \sqrt{r_i^2 - y_i^2} \left[ \frac{2}{3} r_i^2 - \frac{1}{6} y_i^2 \right] \\
& - \sqrt{r_i^2 - (y_i + \bar{H}_4)^2} \left\{ \frac{2}{3} r_i^2 + \frac{1}{3} (y_i + \bar{H}_4)^2 - \frac{1}{2} y_i (y_i + \bar{H}_4) \right\} \\
& - \frac{1}{2} r_i^2 \left\{ \sin^{-1} \frac{\sqrt{r_i^2 - y_i^2}}{r_i} - \sin^{-1} \frac{\sqrt{r_i^2 - (y_i + \bar{H}_4)^2}}{r_i} \right\} \\
& \hspace{15em} (2-4.11)
\end{aligned}$$

したがて円弧すべりの安全率を示す式 2-4.1 は，一般に  
(分 子)

$$\begin{aligned}
Mr_c + Mr_f = & 2r^2 \left\{ [Co - k(y + \bar{H}_4)] \cos^{-1} \frac{(y + \bar{H}_4)}{r} + k \sqrt{r^2 - (y + \bar{H}_4)^2} \right\} \\
& + \tan \phi \left\{ \sqrt{r^2 - (y - \bar{H}_2)^2} \left[ \frac{2}{3} r^2 + \frac{1}{3} (y - \bar{H}_2)^2 - \frac{1}{2} (y - \bar{H}_2) (y - \bar{H}_3) \right] \right. \\
& - \sqrt{r^2 - (y + \bar{H}_4)^2} \left[ \frac{2}{3} r^2 + \frac{1}{3} (y + \bar{H}_4)^2 - \frac{1}{2} (y - \bar{H}_3) (y + \bar{H}_4) \right] \\
& - \frac{1}{2} r^2 (y - \bar{H}_3) \left\{ \sin^{-1} \frac{\sqrt{r^2 - (y - \bar{H}_2)^2}}{r} - \sin^{-1} \frac{\sqrt{r^2 - (y + \bar{H}_4)^2}}{r} \right\} \\
& + \sqrt{r^2 - y^2} \left[ \frac{2}{3} r^2 - \frac{1}{6} y^2 \right] \\
& - \sqrt{r^2 - (y + \bar{H}_4)^2} \left[ \frac{2}{3} r^2 + \frac{1}{3} (y + \bar{H}_4)^2 - \frac{1}{2} y (y + \bar{H}_4) \right] \\
& \left. - \frac{1}{2} r^2 y \left\{ \sin^{-1} \frac{\sqrt{r^2 - y^2}}{r} - \sin^{-1} \frac{\sqrt{r^2 - (y + \bar{H}_4)^2}}{r} \right\} \right\}
\end{aligned}$$

(分 母)

$$\begin{aligned}
Ma + Maw = & \frac{1}{3} \gamma n^2 H_1^3 + \frac{1}{2} \gamma n H_1^2 (X - x) \\
& + \frac{1}{2} \gamma H_3 [r^2 - y^2 - (X - x)^2] - \gamma n H_1 \cdot H_2 (X - x) - \frac{1}{2} \gamma n^2 H_1^2 \cdot H_3 \\
& + \frac{1}{2} \gamma H_2 (2H_3 - H_2) y - \frac{1}{6} \gamma H_2^2 (3H_3 - 2H_2) \\
& + \frac{1}{2} H_6 [r^2 - (y - H_5)^2 - (nH_1 + X - x)^2] \\
& \hspace{15em} (2-4.12)
\end{aligned}$$

となる。

### § 3. Box - Wilson 法による $\min F$ の求めかた

円弧すべりの安全率  $F$  は、円弧の中心をあらわす因子  $(x, y)$  および円弧の半径をあらわす因子  $r$  の関数としてあらわされることは、前節の式 2-4・12 で求めたが、式 2-4・12 を  $x, y, r$  について偏微分することが困難なため、これら三つの因子がいかなる条件のとき安全率  $F$  が最小になるかを、式 2-4・12 からただちに求めることは困難である。

これら三つの因子の水準を  $x, y, r$  で示すと、式 2-4・12 から安全率  $F$  は、

$$F = f(x, y, r) \dots \dots \dots (2-4 \cdot 13)$$

とあらわすことができる。この関数の導関数は、考察している  $F$  の領域内で連続と考えられるので、これを Taylor 展開することが可能である。したがって因子空間の任意の点  $(x, y, r)$  での関数  $F(x, y, r)$  は、

$$\begin{aligned} F = & \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 y + \beta_3 r + \beta_{12} xy + \beta_{13} xr + \beta_{23} yr + \beta_{11} x^2 \\ & + \beta_{22} y^2 + \beta_{33} r^2 + \dots \dots \dots (2-4 \cdot 14) \end{aligned}$$

なる回帰方程式で表現できる。 $\min F$  を与える点を  $S$  とすると、 $S$  点から遠ざかつたところでは、§ 1. で述べたとおり式 2-4・13 の 2 次以上の項は小さいと仮定できるから、第 1 の近似として、関数  $F$  の回帰方程式 2-4・14 の 2 次以上を省略すれば、

$$F = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 y + \beta_3 r \quad (2-4 \cdot 15)$$

が得られる。

現在の地点  $P$  から、最も急な傾斜に沿って進む路を  $\vec{PQ}$  とすると、 $Q$  の  $x, y, r$  の座標  $x_q, y_q, r_q$  と一次係数  $\beta_1, \beta_2, \beta_3$  との間には、

$$x_q : y_q : r_q = \beta_1 : \beta_2 : \beta_3 \quad (2-4 \cdot 16)$$

なる関係を有する。

この場合， $\beta$  の 1 次係数の推定には，直交配列を用いればよい。すなわち， $P$  点における  $x$ ， $y$ ， $r$  の値を 1 単位増加することを +1，1 単位減少することを -1 であらわせば，表 2-4・1 に示したような直交配列のわりつけ

表 2-4・1

$P_i$	$x$	$y$	$r$	$F$ : 式 2-4・12 の計算値
$P_1$	+1	+1	+1	$F_1$
$P_2$	+1	+1	-1	$F_2$
$P_3$	+1	-1	+1	$F_3$
$P_4$	+1	-1	-1	$F_4$
$P_5$	-1	-1	-1	$F_5$
$P_6$	-1	-1	+1	$F_6$
$P_7$	-1	+1	-1	$F_7$
$P_8$	-1	+1	+1	$F_8$

表がでる。さらに  $x$ ， $y$ ， $r$  の単位をそれぞれ  $l_i$ ， $m_i$ ， $n_i$  とする。

このわりつけ表から求められる  $x$ ， $y$ ， $r$  の値を式 2-4・12 に代入して解くことにより， $P_i$  点 ( $i=1 \sim 8$ ) における  $F_i$  ( $i=1 \sim 8$ ) を計算することができる。このようにして，1 次係数  $\beta_i$  は  $\beta_{ij}$  ( $i \neq j$ ) のような 2 次係数の影響によつて乱されることなく推定することができる。推定値と母数との関係は次のようになる。



$$\left. \begin{aligned} b_0 &= \frac{1}{8} (F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7 + F_8) \rightarrow \beta_0 + \beta_{11} + \beta_{22} + \beta_{33} \\ b_1 &= \frac{1}{8} (F_1 + F_2 + F_3 + F_4 - F_5 - F_6 - F_7 - F_8) \rightarrow \beta_1 \\ b_2 &= \frac{1}{8} (F_1 + F_2 - F_3 - F_4 - F_5 - F_6 + F_7 + F_8) \rightarrow \beta_2 \\ b_3 &= \frac{1}{8} (F_1 - F_2 + F_3 - F_4 - F_5 + F_6 - F_7 + F_8) \rightarrow \beta_3 \end{aligned} \right\} (2-4 \cdot 17)$$

このようにして  $\beta_1$  ,  $\beta_2$  ,  $\beta_3$  の推定量  $b_1$  ,  $b_2$  ,  $b_3$  が求められたから、 $\vec{PQ}$  の方向が一応定められたことになるが、ここでいままで採つてきた方法を少しふり返つてみよう。それは式 2-4・14 の 2 次以上の項を省略して、式 2-4・15 で近似したことに対する検討である。もし  $\beta_{12}$  ,  $\beta_{13}$  ,  $\beta_{23}$  ,  $\beta_{11}$  ,  $\beta_{22}$  ,  $\beta_{33}$  ,  $\dots\dots$  などが 0 でなかつたとしたら、上のようにして求めた  $\beta_0$  ,  $\beta_1$  ,  $\beta_2$  ,  $\beta_3$  の推定値  $b_0$  ,  $b_1$  ,  $b_2$  ,  $b_3$  の値には疑問が起こってくる。

このうち  $\beta_{11}$  ,  $\beta_{22}$  ,  $\beta_{33}$  の係数はいずれも +1 で、 $\beta_0$  の係数と一致しているが、もし  $\beta_{12}$  ,  $\beta_{13}$  ,  $\beta_{23}$  が 0 でないとすれば、 $b_0$  のなかにはこれらの影響がまじりあつてしまう。

さらに  $\beta_{12}$  ,  $\beta_{13}$  ,  $\beta_{23}$  の推定値は、直交配列のわりつけ表 (表 2-4・1) をもとにして、次のように求められる。

$$\begin{aligned} b_{12} &= \frac{1}{8} (F_1 + F_2 - F_3 - F_4 + F_5 + F_6 - F_7 - F_8) \rightarrow \beta_{12} \\ b_{13} &= \frac{1}{8} (F_1 - F_2 + F_3 - F_4 + F_5 - F_6 + F_7 - F_8) \rightarrow \beta_{13} \\ b_{23} &= \frac{1}{8} (F_1 - F_2 - F_3 + F_4 + F_5 - F_6 - F_7 + F_8) \rightarrow \beta_{23} \end{aligned}$$

さきに求めた  $b_0$  ,  $b_1$  ,  $b_2$  ,  $b_3$  の数値群に対して、 $b_{12}$  ,  $b_{13}$  ,  $b_{23}$  の数値群が無視できるほど小さいならば、式 2-4・15 と仮定したことが妥当となる。この場合には式 2-4・15 のもつとも急な傾斜にそつて進めば

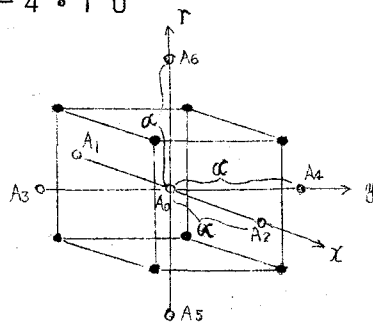
よい。そして式2-4・16より $x$ 方向に $\beta_1$ 単位進むのに対し、 $y$ 軸にそつては $\beta_2$ 単位、 $r$ 軸にそつては $\beta_3$ 単位進めばよい。

この方法によつて、順次 $F$ の値を求めて行き、これらの $F$ の値のうち最小のものを選んでこの点を $Q$ とし、 $(x_q, y_q, r_q)$ を確定する。次に $Q$ 点に移り、点 $Q$ から最も急な傾斜にそつて進むみちを $\overrightarrow{QR}$ とし、いままでの手順をくり返して $R$ 点 $(x_r, y_r, r_r)$ を求めて行くことができる。

このような手順をくり返して行くうちに、 $b_{12}, b_{13}, b_{23}$ の値が $b_0, b_1, b_2, b_3$ の値に対して無視し得ないほど大きくなれば、もはや式2-4・13を式2-4・15であらわすことは無理であり、少なくとも式2-4・14で考えて行かなければならない。

さて $\beta$ の2次係数の推定には、 $2^3$ 型計画にさらに何個かの点をつけ加える複合実験の手法を用いて、わりつけ表を作ることができる<sup>18)19)</sup>。第一次近似では、もつとも急な傾斜の方向をきめるのに図2-4・10の黒点(8個)をもとにしていたのであるが、式2-4・14を用いる場合推定したい係数は $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_{12}, \beta_{13}, \beta_{23}, \beta_{11}, \beta_{22}, \beta_{23}$ 、計10個であるから、これではたりない。そこで図2-4・10の7点 $A_0, A_1, A_2, \dots, A_6$ を追加する。

図 2-4・10



ここで $\alpha$ の値は任意に選べばよい。しかし，一般には1.5とか2に選ぶのが普通である<sup>18)</sup>。そしてこの場合のわりつけ表は，次のようになる。

表 2-4・2

$R_i$	$x$	$y$	$r$	$F$ : 式 2-4・12 の計算値
$R_1$	+1	+1	+1	$F_1$
$R_2$	+1	+1	-1	$F_2$
$R_3$	+1	-1	+1	$F_3$
$R_4$	+1	-1	-1	$F_4$
$R_5$	-1	-1	-1	$F_5$
$R_6$	-1	-1	+1	$F_6$
$R_7$	-1	+1	-1	$F_7$
$R_8$	-1	+1	+1	$F_8$
$R_9$	$+\alpha$	0	0	$F_9$
$R_{10}$	$-\alpha$	0	0	$F_{10}$
$R_{11}$	0	$+\alpha$	0	$F_{11}$
$R_{12}$	0	$-\alpha$	0	$F_{12}$
$R_{13}$	0	0	$+\alpha$	$F_{13}$
$R_{14}$	0	0	$-\alpha$	$F_{14}$
$R_{15}$	0	0	0	$F_{15}$

次に $x$ ， $y$ ， $r$ の単位をそれぞれ $l_3$ ， $m_3$ ， $n_3$ とする。そしてこのわりつけ表から求められる $x$ ， $y$ ， $r$ の値を式2-4・12に代入してとくことにより， $R_i$ 点 ( $i=1\sim 15$ ) における $F_i$  ( $i=1\sim 15$ ) を計算する

ことができる。そして 1 次係数  $\beta_i$  および 2 次係数  $\beta_{ij}$  の推定値と母数との関係は次のようになる。

$$\begin{aligned}
 b_1 &= \frac{(F_1 + F_2 + F_3 + F_4 - F_5 - F_6 - F_7 - F_8 + \alpha F_9 - \alpha F_{10})}{(8 + 2\alpha^2)} \rightarrow \beta_1 \\
 b_2 &= \frac{(F_1 + F_2 - F_3 - F_4 - F_5 - F_6 + F_7 + F_8 + \alpha F_{11} - \alpha F_{12})}{(8 + 2\alpha^2)} \rightarrow \beta_2 \\
 b_3 &= \frac{(F_1 - F_2 + F_3 - F_4 - F_5 + F_6 - F_7 + F_8 + \alpha F_{13} - \alpha F_{14})}{(8 + 2\alpha^2)} \rightarrow \beta_3 \\
 b_{12} &= \frac{1}{8} (F_1 + F_2 - F_3 - F_4 + F_5 + F_6 - F_7 - F_8) \rightarrow \beta_{12} \\
 b_{13} &= \frac{1}{8} (F_1 - F_2 + F_3 - F_4 + F_5 - F_6 + F_7 - F_8) \rightarrow \beta_{13} \\
 b_{23} &= \frac{1}{8} (F_1 - F_2 - F_3 + F_4 + F_5 - F_6 - F_7 + F_8) \rightarrow \beta_{23}
 \end{aligned}
 \left. \vphantom{\begin{aligned} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_{12} \\ b_{13} \\ b_{23} \end{aligned}} \right\} (2-4 \cdot 19)$$

$$\begin{aligned}
 b_0 &= \lambda B_0 + \mu B_{11} + \mu B_{22} + \mu B_{33} \\
 b_{11} &= \mu B_0 + \nu B_{11} + \rho B_{22} + \rho B_{33} \\
 b_{22} &= \mu B_0 + \rho B_{11} + \nu B_{22} + \rho B_{33} \\
 b_{33} &= \mu B_0 + \rho B_{11} + \rho B_{22} + \nu B_{33}
 \end{aligned}
 \left. \vphantom{\begin{aligned} b_0 \\ b_{11} \\ b_{22} \\ b_{33} \end{aligned}} \right\} (2-4 \cdot 20)$$

ここに，

$$\begin{aligned}
 B_0 &= F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7 + F_8 + F_9 + F_{10} + F_{11} \\
 &\quad + F_{12} + F_{13} + F_{14} + F_{15} \\
 B_{11} &= F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7 + F_8 + \alpha^2 F_9 + \alpha^2 F_{10} \\
 B_{22} &= F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7 + F_8 + \alpha^2 F_{11} + \alpha^2 F_{12} \\
 B_{33} &= F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7 + F_8 + \alpha^2 F_{13} + \alpha^2 F_{14}
 \end{aligned}
 \left. \vphantom{\begin{aligned} B_0 \\ B_{11} \\ B_{22} \\ B_{33} \end{aligned}} \right\} (2-4 \cdot 21)$$

そして  $\alpha = 2$  と選べば,

$$\lambda = \frac{224}{288}, \quad \mu = \frac{-64}{288}, \quad \nu = \frac{26}{288}, \quad \rho = \frac{17}{288}$$

となる<sup>18)</sup>。このようにして式 2-4・14 の一次係数  $\beta_i$  および二次係数  $\beta_{ij}$  を推定することができる。

以上によつて係数  $\beta$  の推定値  $b$  が求まつたわけであるが、このままでは、その 2 次式がどのような曲面をもつのかよくわからない。したがつてこれを吟味する方法を述べる。

まず等高面の中心位置を求める。中心点を  $O$  とし、その座標を  $x_0, y_0, r_0$  とすれば、 $x_0, y_0, r_0$  は次の連立方程式を解くことによつて求められる。

$$\left. \begin{aligned} 2b_{11}x_0 + b_{12}y_0 + b_{13}r_0 &= -b_1 \\ b_{12}x_0 + 2b_{22}y_0 + b_{23}r_0 &= -b_2 \\ b_{13}x_0 + b_{23}y_0 + 2b_{33}r_0 &= -b_3 \end{aligned} \right\} \quad (2-4 \cdot 22)$$

つぎに  $O$  点における  $F$  の値  $F_0$  を計算する。

$$F_0 = b_0 + \frac{1}{2}b_1x_0 + \frac{1}{2}b_2y_0 + \frac{1}{2}b_3r_0 \quad (2-4 \cdot 23)$$

つぎにもとの直交座標  $x, y, r$  の原点を、いま求めた  $O$  点まで平行に移動し、さらに  $O$  点のまわりに適当な廻転をほどこして、式 2-4・14 を

$$F = F_0 + B'_{11}X^2 + B'_{22}Y^2 + B'_{33}R^2 \quad (2-4 \cdot 24)$$

の形とする、( $X, Y, R$  は変換された座標。)

それには、まず  $B'_{11}$ 、 $B'_{22}$ 、 $B'_{33}$  の値を求めなければならない。これは、次の3次方程式の三つの根として与えられる。

$$\begin{vmatrix} b_{11} - B' & \frac{1}{2}b_{12} & \frac{1}{2}b_{13} \\ \frac{1}{2}b_{12} & b_{22} - B' & \frac{1}{2}b_{23} \\ \frac{1}{2}b_{13} & \frac{1}{2}b_{23} & b_{33} - B' \end{vmatrix} = 0 \quad (2-4 \cdot 25)$$

つぎに新座標の旧座標に対する方向係数を、 $m_{ij}$  ( $i = 1, 2, 3, j = 1, 2, 3$ ) とおくと、 $m_{ij}$  は次式をとくことによつて求めることができる。

$$\left. \begin{aligned} (b_{11} - B'i) m_{i1} + \frac{1}{2}b_{12} m_{i2} + \frac{1}{2}b_{13} m_{i3} &= 0 \\ \frac{1}{2}b_{12} m_{i1} + (b_{22} - B'i) m_{i2} + \frac{1}{2}b_{23} m_{i3} &= 0 \\ \frac{1}{2}b_{13} m_{i1} + \frac{1}{2}b_{23} m_{i2} + (b_{33} - B'i) m_{i3} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (2-4 \cdot 26)$$

$$\text{ただし、} m_{i1}^2 + m_{i2}^2 + m_{i3}^2 = 1 \quad (i = 1, 2, 3)$$

このようにして方向係数が決定されると、変換された座標  $X, Y, R$  は、次のようにあらわされる。

$$\left. \begin{aligned} X &= m_{11} (x - x_0) + m_{12} (y - y_0) + m_{13} (r - r_0) \\ Y &= m_{21} (x - x_0) + m_{22} (y - y_0) + m_{23} (r - r_0) \\ R &= m_{31} (x - x_0) + m_{32} (y - y_0) + m_{33} (r - r_0) \end{aligned} \right\} \quad (2-4 \cdot 27)$$

式 2-4・27 の  $x, y, r$  を 0 とおくと、

$$\left. \begin{aligned} X &= -m_{11} x_0 - m_{12} y_0 - m_{13} r_0 \\ Y &= -m_{21} x_0 - m_{22} y_0 - m_{23} r_0 \\ R &= -m_{31} x_0 - m_{32} y_0 - m_{33} r_0 \end{aligned} \right\} \quad (2-4 \cdot 28)$$

となり，式 2-4・28 によつて  $X$  軸， $Y$  軸， $R$  軸のいずれが 0 点の近くをとおっているかを判定することができる。

われわれは，一番 0 点の近くをとおっている軸に沿つて進むこととし，このときの他の 2 軸の進む単位を求めなければならない。式 2-4・28 において，もし  $X$  の値が一番 0 に近いとすれば， $X$  軸に沿つて進むことにする。この場合  $X$  軸上の点  $x$ ， $y$ ， $r$  の座標は式 2-4・27 の  $Y=0$ ， $R=0$  の解として求められる。すなわち，

$$m_{21} (x - x_0) + m_{22} (y - y_0) + m_{23} (r - r_0) = 0$$

$$m_{31} (x - x_0) + m_{32} (y - y_0) + m_{33} (r - r_0) = 0$$

をとくことにより，

$$y = f_2(x), \quad r = f_3(x) \quad (2-4 \cdot 29)$$

を算出することができる。そして  $x$  を 1 単位変化させる場合， $y$  は  $f_2(x)$  単位， $r$  は  $f_3(x)$  単位ずつ変化させて行けば， $\min F$  を与える  $S$  点 ( $x_s$ ， $y_s$ ， $r_s$ ) に到達できる。もし  $Y$  の値あるいは  $R$  の値が一番 0 に近い場合も，上と全く同じ手順で  $\min F$  を与える  $S$  点 ( $x_s$ ， $y_s$ ， $r_s$ ) に到達することができる。

以上の計算手順をフローチャート (Flow chart) にあらわせば，表 2-4・3 のようになる。以上の計算手順は，富士山の等高線のような単峰性

の極値を有する場合にそのまま適用できる。普通の港湾技術に用いられる円弧すべりの計算の多くは、極値が一つで、複峰のある場合はほとんどない。等高曲面が南京豆のような複雑な築堤の設計の場合には、この方法で求めた極値を示す因子を中心に対称する反対の任意の点から同様に計算を進め、吟味することが必要である。



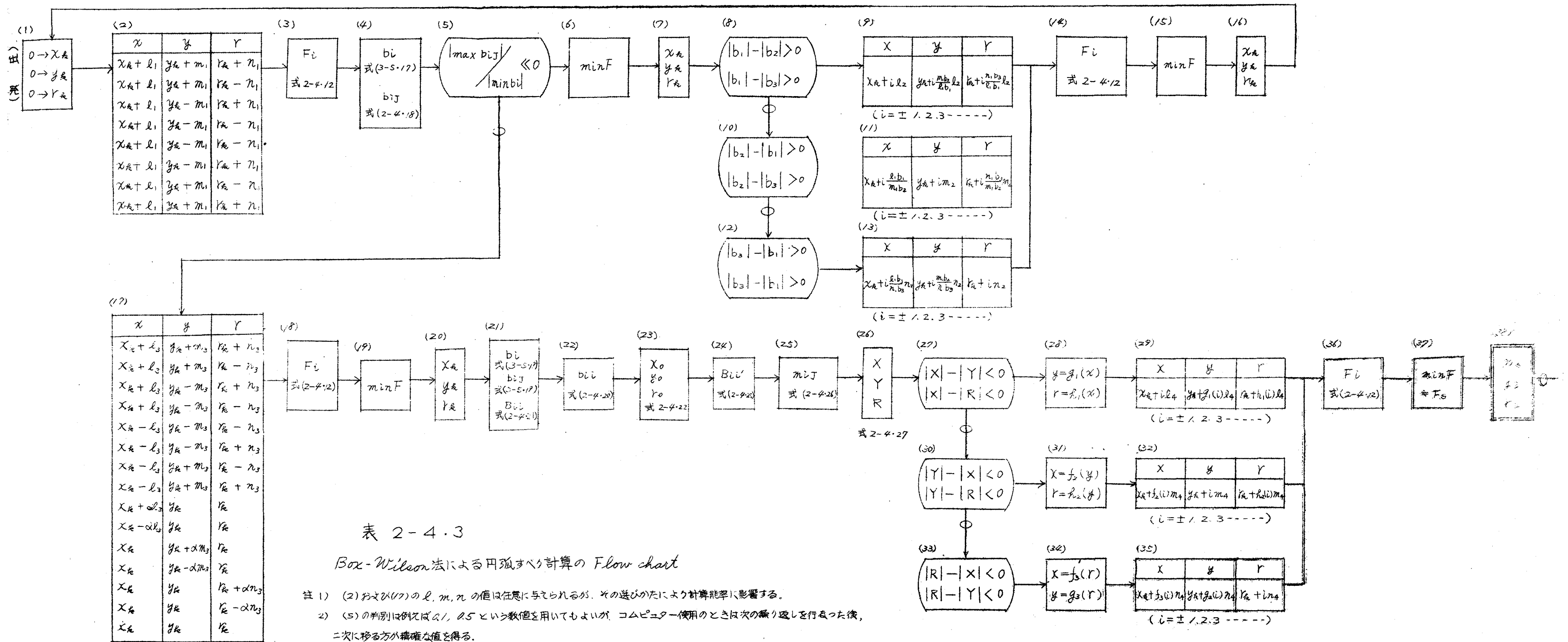


表 2-4.4 計 算 結 果

$x$		$y$		$r$ (下段 $F$ )	
+1.4000000	+01	+20000000	+01	+3.1000000	+01
				+1.1640012	+00
+1.4000000	+01	+20000000	+01	+2.9000000	+01
				+1.2314354	+00
+1.4000000	+01	+18000000	+01	+3.1000000	+01
				+1.1495809	+00
+1.4000000	+01	+18000000	+01	+2.9000000	+01
				+1.2221613	+00
+1.2000000	+01	+18000000	+01	+2.1000000	+01
				+1.2221613	+00
+1.2000000	+01	+18000000	+01	+3.1000000	+01
				+1.2079198	+00
+1.2000000	+01	+20000000	+01	+2.9000000	+01
				+1.3110285	+00
+1.2000000	+01	+20000000	+01	+3.1000000	+01
				+1.2263237	+00
+1.6000000	+01	+16513075	+01	+3.2252326	+01
				+1.1571431	+00
+1.8000000	+01	+15026150	+01	+3.3504652	+01
				+1.2195570	+00
+1.6000000	+01	+16513075	+01	+3.2252326	+01
				+1.1571431	+00
+1.4000000	+01	+18000000	+01	+3.1000000	+01
				+1.1495809	+00
+1.2000000	+01	+19486925	+01	+2.9747674	+01
				+1.2449242	+00
+1.5000000	+01	+19000000	+01	+3.2000000	+01
				+1.1316994	+00
+1.5000000	+01	+19000000	+01	+3.0000000	+01
				+1.1319899	+00
+1.5000000	+01	+17000000	+01	+3.2000000	+01
				+1.1573027	+00
+1.5000000	+01	+17000000	+01	+3.0000000	+01
				+1.1230019	+00
+1.3000000	+01	+17000000	+01	+3.0000000	+01
				+1.1756909	+00

$x$		$y$		$r$ (下段 $F$ )	
+1.3000000	+01	+1.7000000	+01	+3.2000000	+01
				+1.2035536	+00
+1.3000000	+01	+1.9000000	+01	+3.0000000	+01
				+1.1878018	+00
+1.3000000	+01	+1.9000000	+01	+3.2000000	+01
				+1.1788718	+00
+1.7000000	+01	+1.7289000	+01	+2.9475615	+01
				+1.0793824	+00
+1.9000000	+01	+1.7578162	+01	+2.8951230	+01
				+1.0530731	+00
+2.1000000	+01	+1.7867243	+01	+2.8426845	+01
				+1.0452380	+00
+2.3000000	+01	+1.8156324	+01	+2.7902460	+01
				+1.0589019	+00
+2.2000000	+01	+1.8867243	+01	+2.9426845	+01
				+1.0537735	+00
+2.2000000	+01	+1.8867243	+01	+2.7426845	+01
				+1.1118301	+00
+2.2000000	+01	+1.8867243	+01	+2.9426845	+01
				+1.0398769	+00
+2.2000000	+01	+1.6867243	+01	+2.7426845	+01
				+1.0322560	+00
+2.0000000	+01	+1.6867243	+01	+2.7426845	+01
				+1.0409041	+00
+2.0000000	+01	+1.6867243	+01	+2.9426845	+01
				+1.0472899	+00
+2.0000000	+01	+1.8867243	+01	+2.7426845	+01
				+1.1216592	+00
+2.0000000	+01	+1.8867243	+01	+2.9426845	+01
				+1.0616357	+00
+2.3000000	+01	+1.7867243	+01	+2.8426845	+01
				+1.0430742	+00
+1.9000000	+01	+1.7867243	+01	+2.8426845	+01
				+1.0596777	+00
+2.1000000	+01	+1.9867243	+01	+2.8426845	+01
				+1.1289347	+00
+2.1000000	+01	+1.5867243	+01	+2.8426845	+01
				+1.0354115	+00

$x$		$y$		$r$ (下段 $F$ )	
+2.1000000	+01	+1.7876243	+01	+3.0426845	+01
				+1.0500136	+00
+2.1000000	+01	+1.7867243	+01	+2.6426845	+01
				+1.1014751	+00
+2.1000000	+01	+1.7867243	+01	+2.8426845	+01
				+1.0452380	+00
+2.2020562	+01	+1.5765321	+01	+2.8426845	+01
				+1.0337858	+00
+2.2041124	+01	+1.4663399	+01	+2.9426845	+01
				+1.0751518	+00
+2.2020562	+01	+1.5765321	+01	+2.8426845	+01
				+1.0337858	+00
+2.2000000	+01	+1.6867243	+01	+2.7426845	+01
				+1.0322568	+00
+2.1979438	+01	+1.7969165	+01	+2.6426845	+01
				+1.1052896	+00

#### 4. 計 算 例

以上述べた計算方法に従つて，神戸港工事事務所において尼崎港1万トン岸壁の円弧すべりの計算を行なつてみた。尼崎港1万トン岸壁の断面図は，図2-4・2において，

$$\begin{aligned}
 n &= 2 \text{ (2割勾配)} & r &= 1 & \text{ton/m}^3 \\
 H_1 &= 7.5 \text{ m} & C_0 &= 3.7 & \text{ton/m}^2 \\
 H_2 &= 14.5 \text{ m} & k &= 0.256 & \text{ton/m}^3 \\
 H_3 &= 21.3 \text{ m} & \tan \phi &= 0.7 \\
 H_4 &= 6 \text{ m} & H_5 &= 10.5 \text{ m} & H_6 &= 1 \text{ m}
 \end{aligned}$$

と与えられる。そして，この場合  $X=10 \text{ m}$  に選んでおく。

筆者は，有隣電機精機株式会社のデジタルコンピューターFACOM

128Bによつて、以上の計算を行なうことにし、表2-4・3のフローチャートに従つて、コーディングを行なつた。

まず出発点として、

$x = 13 \text{ m}$ ,  $y = 19 \text{ m}$ ,  $r = 30 \text{ m}$ を与えて計算を行なつた。そしてこの場合、わりつけの単位を次のように選んだ。

$$\begin{array}{llll} \ell_1 = 1 \text{ m} & \ell_2 = 2 \text{ m} & \ell_3 = 1 \text{ m} & \ell_4 = 1 \text{ m} \\ m_1 = 1 \text{ m} & m_2 = 2 \text{ m} & m_3 = 1 \text{ m} & m_4 = 1 \text{ m} \\ n_1 = 1 \text{ m} & n_2 = 2 \text{ m} & n_3 = 1 \text{ m} & n_4 = 1 \text{ m} \end{array}$$

計算結果は、表2-4・4に示すとおりである。すなわち、もつとも危険な円弧すべりは、

$$x = 22 \text{ m} \quad y = 17 \text{ m} \quad r = 27 \text{ m}$$

のところでおこり、このときの円弧すべりの安全率 $F$ は、

$$F = 1.032$$

となつた。この場合のコンピュータータイムは44分であつた。したがつて計算式は6,600円(1分間150円)を要した。

なお、この円弧すべりの計算法と従来の計算法を比較するとめ、従来の計算法で計算してみると、10日間を要した。 $F$ の計算回数20回である。

したがつて計算費を見積れば、約10,000円となる。

さらに、この新しい計算法をデジタルコンピューターを用いずに、人間の手でとけば、どれだけの日数を要するかを調べると、7日間を要した。したがつて計算費を見積れば、約7,000円となる。この例では、3割の節約であり、 $F$ の計算回数は1.5回であつた。

以上の計算はいずれも、この計算に慣れた中堅技術者によつて行なわれている。

表 2-4・5

計 算 法	計 算 時 間	計算に要する費用
従来の計算法	10 日	約 10,000 円
Box - Wilson 法 手 計 算	7 日	約 7,000 円
Box - Wilson 法 デジタルコンピューター 使用 (FACOM128B)	44 分	6,600 円

この表は、このような研究の港湾技術における実際的な評価であり、このことから本方法論にもとづくこの種の研究が港湾技術の目的を十分に果し得た実証を与えるものといえよう。

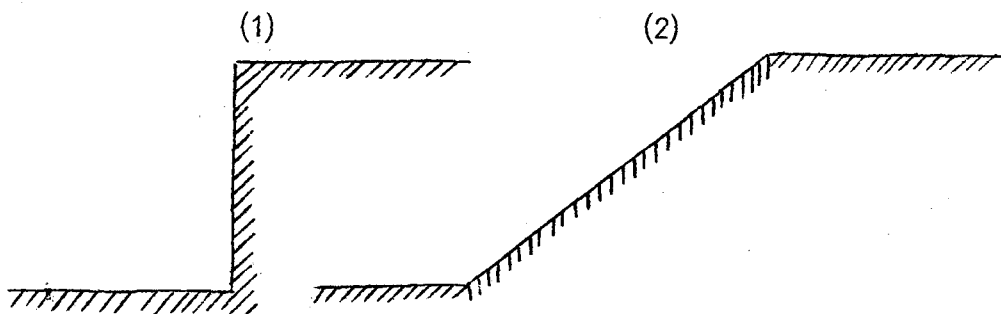
## § 5. 結 語

設計面に用いられる港湾技術のうち軟弱地盤を対象とするものはとくに深い経験と、熟練した計算技術を必要としている。その中でも、本章で取りあげた円弧すべりの計算は、多くの技術者を悩ましてきた問題である。従来の格子点法もしくは等高線法は、いくつかの試行をシステマティックに行なう方向には違いないのであるが、無駄が多いことと、 $\min F$  に対する保証性が薄い。§ 1. に述べたように、求めるものは  $\min F$  であり、これを求める最適行動はないかという問題である。この問題について、外国でも関心が持たれ、最近それについての論文<sup>38)</sup>も発表されたが、試行法の域を出ていないようである。理論的に  $\min F$  を求める方法は十分分つていながらその計算が容易でなく、簡略法を用いても、なかなか真の  $\min F$  を求め得ない。ここで取り入れられた実験計画の手法は、これを用いることによつて従来の方法より、計算が早く済み、かつこの精度が従来の方法より確かに保証し得

と思われる。前節にあげた計算例の最後に述べた経済性の比較では、F A C O Mのデジタルコンピューターを使用した場合、30%強の利益しか得られていないように見える。またこのほかに、コーディングの費用、その他を考えると、決して安く済んだとは言えないようにみえる。しかし、それは、港湾技術者、しかも中堅の港湾技術者が、常に遊んでいる状態が期待できるほどに、数多くいればでの話である。すなわち、1日で岸壁の設計をなし得ても、後の日数を遊んでいれば、計算代のみかえつて高くつく。しかし、表2-4・5の第3欄で明らかのように、もはや、港湾技術者は、「設計計算」に用いられていないことに注目すべきであろう。節約された、9日強の日時を費つて、この港湾技術者は、他の計画や設計にその労力を傾注し得る。また、第2の注目すべき点は、設計計算が、何カ月も短縮し得ることは、その工事の着工を早め、それだけ早く、生産財としての港湾施設を生むことである。このような評価を行なうならばこの種の作業の成果は、極めて大きいものと見ることができる。

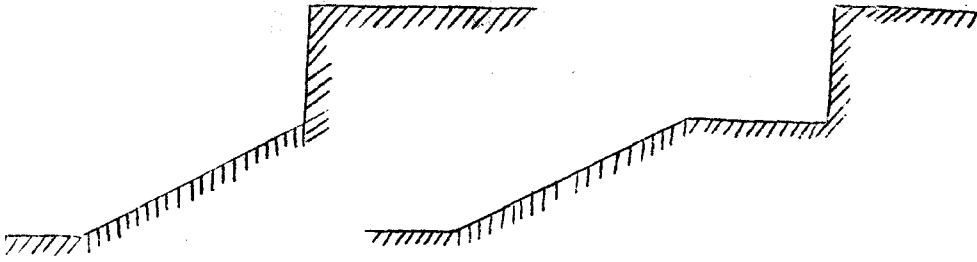
また本章の内容における数学的取り扱いの複雑性から、個々の具体的な構造物の設計においてその都度、各式を導き出し、それに応じたコーディング

図 2-4・11

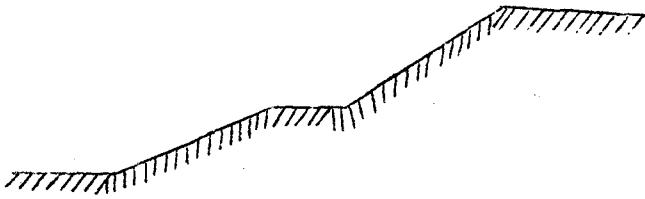


(3)

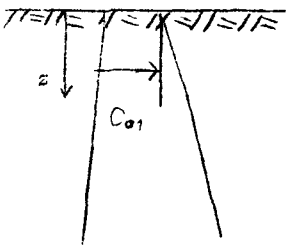
(4)



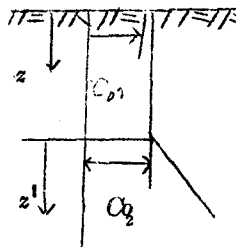
(5)



☑ 2-4.12

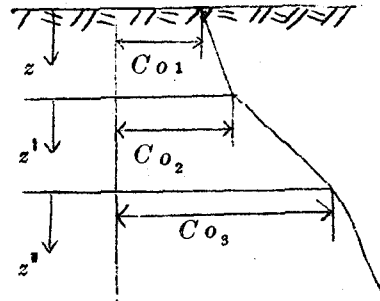


$$C = C_{o1} + k_1 z$$



$$\textcircled{1} C = C_{o1} + k_1 z$$

$$\textcircled{2} C = C_{o2} + k_2 z'$$



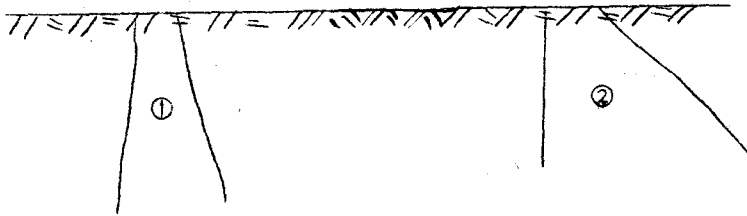
$$\textcircled{1} C = C_{o1} + k_1 z$$

$$\textcircled{2} C = C_{o2} + k_2 z'$$

$$\textcircled{3} C = C_{o3} + k_3 z''$$



(地盤が水平方向で性質を異とする場合)



$$\textcircled{1} C = C_{o_1} + k_1 z$$

$$\textcircled{2} C = C_{o_2} + k_2 z$$

〔註〕  $c$  は粘着力，

$C_{oi}$  は，海底もしくは，層の上面における粘着力

$k_i$  は  $z$  軸における粘着力の変化

を行なうことは，不経済であるという批判もある。確かに，年に数回，しかも，特殊の構造物を設計するのみならば，従来の方法でもよいと思う。しかし，この種の設計を数多く行なう場合，もしくは，集中管理を行なつて，全国的に，また，地域的にこの種の計算を一括して行う場合における，この種の研究の効果は大きい。いま仮に，計算機械に入れるまでの手間，でた結果の整理とを考慮して，一つの作業に半日かつたとしても表2-4・5は，従来の計算法に要した技術者10日間の労働を20倍の作業の結果を期待できる計算機の使用にあてることができる。このことは1人の技術者が従来より，何拾倍もの他の有為の仕事を行なうことができるようになったことを意味する。

一般に，港湾構造物の標準的断面は，図2-4・11のごとくであり，地盤の層によつて異なる粘着力の変化の状態は，図2-4・12に示めされるような場合が多い。したがつて，あらかじめこの種のタイプについて，理論式

式2-4・12に相当するものを求めておき，コーディングを行なつておく。こうすることにより各種のタイプに応ずるコーディングNo.のみを指定し，その場合の常数值をきめてやれば，遠隔計算も可能である。したがつて，事務所ごとに電子計算機をもつ必要はなく，計算センターがあれば，電話一つで，つぎつぎに構造物の設計ができることになる。

なお本章では， $\min F$ を求めることを，港湾技術者の行動の指標とした。しかし $\min F$ を求めるのは，ある仮定した設計断面が安定でどうかを検定しようとしているにはほかならない。逆に言えば，技術者の真の目的，もしくは行動の指標というものは， $\min F$ を求めることでなく，たとえば，

(1) 圧密工法，サンドドレーン工法などを用いたとき，基礎地盤の粘着力の増加量をどの程度にまですればよいか

(2) 軟弱な粘土層を良質の砂の置換えによつて改良を行なつていく場合どの程度まで行なえばよいか。

(3) 構造物の前面に盛土をして，すべりを防ぎたい場合，どの位増土すればよいか。

などが，設計の目的である。このような場合，式2-4・1において，安全率 $F$ の値を，最初から1，もしくは1.2などを与えておく。そうすれば，

(1) のような場合は，この式を

$$Mr_c = F (Ma + Ma_w) - Mr_f \quad \cdots \cdots (2-4 \cdot 30)$$

(2) のような場合は

$$Mr_f = F (Ma + Ma_w) - Mr_c \quad \cdots \cdots (2-4 \cdot 31)$$

また，(3) のような場合は，

$$Ma = (Mr_c + Mr_f) \frac{1}{F} - Ma_w \quad \cdots \cdots (2-4 \cdot 32)$$

と，それぞれ変形し， $Mr_c$ ， $Mr_f$ ， $Ma$ を求める問題と考え直して，本章

で述べた計算を行なえば、いままでのように所定の安全率が得られず、何回も設計し直す手数が減少する。このようにして式2-4.30～式2-4.32から得られた、最も経済的なしかも適正な安定性の保証のある各工法についての設計工費をさらに各工法間について比較するならば、与えられた地盤条件のもとで、最も経済的で、適正な安全性の適確に保証された最適工法を最終的に選択することが容易となるであろう。このように、本章の研究が用いられるならば、それは、第1編より通じて主張して来た本方法論の設計面への正しい適用そのものにはかならない。また、港湾技術者は計算に費される労働から解放され、究極に人間社会が求めて、いままで求め得なかつた理想の設計断面を探し求めることに、その労力を積極的に用いることができるようになる。このようなことが可能となつたとき、港湾技術の設計面における真の進歩が得られるものと筆者は確信する。

## 結

## 論

「よりよい港湾をつくる」ということが、人間・社会の問題として要請され、この問題に真正面からぶつかる者が港湾技術者であり、そこに用いられる技術が港湾技術であるとした。したがって本来この種の研究は、人間・社会における「よりよい港湾」の理想像を描くことから出発すべきとの説が行なわれるかも知れない。筆者は~~結~~<sup>緒</sup>論においてこのような観念論的な追及のしかたは、港湾技術の発展にとつて意義のないことを強調し、港湾の問題としておこる現実の問題の中で、人間・社会が、実際に要請していることが何であるかを、港湾技術者自らが、現実の現象の中から見出し、その要請に応えるべく港湾技術者の明確な行動の指標を求むべきだとした。すなわち、実践論的な港湾技術者の行動を問題としたのである。しかしながら、そこに発見し得たものは、多くの港湾技術者が、極めてあいまいな自己の行動目標にもとに自己の技術を使用していたことであつた。すなわち、「適正な港湾の規模とその配置」を考え、「近代的埠頭」を計画し、「安いかつ安定した港湾構造物」を設計し、「能率のよい施工」を実施し「最も合理的な埠頭」を営理経営して、社会の福祉に貢献しよう

としていながら，「適正な……」「近代的な……」，「安い……」，「安定した……」，「能率のよい，……」，「最も合理的な，……」という言葉の持つ実際的な意味の説明に不十分であつた。さらに，このような行動の指標を産むに至つた社会の福祉，港湾技術の多く用いられる公共事業にあつて，しばしば用いられる大多数の国民の利益もしくは公共の福祉の意味合いについても十分な認識が持ててないことが分つた。あいまいな目的，抽象的な行動の指標のもとに用いられる港湾技術は，合目的性の評価ならびに，合理性への証明は，つねに主観的である。本研究は，このようなことが，港湾技術の発展を阻害させている要因であることを指摘し，港湾技術の用いられる究極の目的，ならびに，港湾技術者の行動の指標を，定性的のみならず，定量的に捉えようと試みた。

港湾技術の問題としてもつとも身近な例として第1編の始めに「埠頭の近代化」の意義を論じた。そこで明らかにされたことは，要請するものの立場で，行動の指標が異なるということである。港湾技術を実践論的に論じようとする場合，まず，人間意識の問題として，立場を確立し，目的を明確にしなければならないことを強調したのである。港湾技術を用いる多くの立場は，国民全体の立場であつた。そしてその立場で，港湾がつくられる場合国民経済の一環としての一つの生産行為であることが明瞭にされた。不明確であつた「公共の福祉増進」の意義もこのように認識することによつて，漸く明らかにされてきたのであるが，元来，「公共の福祉」そのものの意味合いを定

量化することは困難である。ここで本方法論では、重要ないくつかの仮定の設定を行なつた。第2章の所論はその内容である。すなわち、国民経済そのものを、私企業における経済行為と同様とみなすとしたものである。公共の福祉追求を利潤の追求とみなし、調達される資金、多くの場合、国民の税であるが、信託された預金とみるのである。そこに、費用と物の価値、特に、時間変動に対する価値の変動を取り入れねばならなくなつた。利子と、デブリエーションの概念が、導入される。利子の説明に用いられた、「最小の魅力的公共利益」は、用いられる港湾技術が、その使用によつて国民にその利益以上のものを戻すことを保証する重要な概念であり、わが国の場合、年率6~9%で考えられるべきことを提唱した。元来公共事業の中で多く用いられる港湾技術において、経済法則を利用する場合、実用的なものの程便利である。このような観点から等価の同一額毎年費用をもつて多くの港湾技術の諸問題を、市場価値と比較し、定量的に論ずることがよいとした。これはまた、デブリエーションにおいて減債基金法と同一取り扱いのできる便利がある。

立場と、目的ならびに行動の指標がたてられた仮説のもとで、定性的にかつ定量的に把握できたら、現象のよりよき改善に港湾技術がはつきりした目標をもつて用いられる。もつとも有用な手法は、現象の定式化 (Formula-tion) もしくは模型化 (model) である。現象を捉え得るいくつかの方法の中で、記号模型と類似模型が極めて有用である。第4章では、数学の最近の進歩の中から応用できる面を強調しながら体系的に整理し、これらを利用して、目標に対して最適行動をとろうとする場合のいくつかの手法を第5章に掲記した。本章に関する部分は、戦後欧米において急速に発展をみたオペレーションズリサーチ (O・R・) と称する新しい学問の分野である。

示された手法そのものが、港湾技術の進歩に有用な役割を示すであろうことは、例示されたいくつかの事項から明らかであるが、さらに重要なことは、港湾技術の当面する問題の中から、現在のO・R・の内容を生みだしたときものを探求することであろう。確かに、仮定された定量的な目標を得るために用いられる第4章以下の方法論は、港湾技術に合理性を賦与するであろう。しかしそれを可能ならしめるには、現在港湾技術を用いている人および組織の改変が行なわれなくてはならない。たとえば、電子計算機の利用は欠くことのできないものであり、組織の編制、人員の教育訓練、解の管理など、多くの問題が山積している。たつた一つ言えること。それは、「これからの港湾技術の発展は一人の偉大な技術者によつてはなし得ない」ということである。

第2編に述べた諸例は、この種の方法論体系の全部を説明するに十分ではなく、また組織的に本方法論の適用が行なわれていない現在、きわめて、模範的取り扱いの域をでていないのであるが、今後の港湾技術の発展を新しい角度から論じた例示としては、重要な示唆を与え得たと思う。

第1章では、わが国でいま、もつとも重要視されている輸出雑貨埠頭の規模を計画しようとしたものである。まず、複雑な港湾活動の面を雑貨の輸出機構を分析することに始まり、幾多の問題点を摘出した。第1編に論ぜられた、港湾技術者の計画する立場を確立することによつて、計画目標が、定量的に行動の指標として与えられた。すなわち、すべての船舶、輸出雑貨に対してサービスの提供を行なおうとすれば、国民経済的には、かえつて損失であることが強調され、適正なベースの規模が、航路別にそれぞれ振り当てられた。適正に計画されたことのはかに、さらに重要なことは、将来の港湾の発展のすう勢に対して明確な予測とその対策が明示されていることである。

計画されたように、埠頭が管理運営されることとともに、解そのものが、設けられたいくつかの前提条件の変更とともに管理されることも重要である。港湾技術者の埠頭経営に対する発言権を最後まで留保するのも、十分根拠のあることであることが説明された。第2章は、主要な陸上施設の問題を論じた。まず荷役機械の問題が提起されているが、本方法論の主張する技術の限界を特に強調している。ここで述べられたことは、荷役機械を使用しても雑貨埠頭においては、意味がないと主張しているのでは決してない。管理者、もしくは、この種の問題を最終的に決定し得る人の判断もしくは 対策が重要であることを強調したのである。次の上屋の問題は、施設の種類もしくは性格ならびに規模をきめる手法を強調した。立場と目的は、第1章と同じであるが、動的な現象に対しては、できるだけ動的な模型を使用して最適解を求める手法を例示したものである。

臨港交通施設の問題は、損益分岐論を用いて、施設の整備の様式を定める問題を取り扱ったものである。立場が異つた場合の施設整備に関する見解の相違を、港湾管理者と国鉄の場合の例に言及して述べた。

第3章は、現在官公庁でもつとも等閑視されていて、しかも国民経済の見地からは重要な、資産・取り替えの問題を取り扱った。立場と目的は、第1編に述べたとおりである。価値尺度を仮定すれば、適正な廃棄・取り替えの基準が得られるとして、実用的な基準図を作成した。このような作業は、国有財産法に基づく、諸規則に拘束されることなく、確信をもつて港湾技術者が、国民の公共の福祉増進のために、廃棄・取り替えを積極的に行なわせる基準を与え得たと思う。原価管理制度の有機的な活用が期待される。第4章の問題は、設計計算、特に港湾技術者にとつて、多大の労苦を与えていた軟弱地盤に構造物を設計する場合の円弧すべりの計算に対して、本方法論の適用は



計画のみならず、施工・設計の面においても十分適用されるものであることを証明した。ここで強調されたことは、港湾技術者は、計算のプランナーとして有効に使用さるべきものとされたことであり、多大の日時を要するルーチンの計算過程は電子計算機にゆだねらるべきとしたことである。さらに、港湾技術者の余力は、労働に従事することから、新しい港湾技術の未知の部門の開拓に全力が傾注されていくべきことを示唆したものである。

港湾技術の発展に関して、以上のように従来とは異なつた観点から方法論を提起したのであるが、さらにその特徴となるいくつかの事項ならびに本方法論の取り扱いについての諸注意を述べてみたい。その第一は上述したように港湾技術をまず、人間・社会の要請する「よりよい港湾をつくる」というものの生産行為に適用される手段と見たこと、これは多くの技術が生産技術と見なされると同じ観点である。近代社会においてそれは一つの経済行為にはかならない。多くの生産技術は企業の中で利潤を生むという目的のもとにその評価がなされている。

しかし近代企業は利潤を生むということを最終目的にしているのではなく人間・社会の大きな経済機構の中にあつて、公共の利益を念頭におきつつ、安定した企業活動を営むことにその主眼をおいている。そのような企業活動を行なわねば、企業の存続が許されないからである。公共事業と称せられて一連の事業の中に、それをおく港湾事業は、公共福祉増進そのものを目的としているのであるが、その正当な評価がなされなければならない。誤まつた自由放任は許されない。その評価は「よりよい港湾をつくる」価値が、適正な基準のもとで社会経済の機構の中で認識されねばならない。それを市場価格で評価することを提起したことは、第二の特徴的な事項である。

第1編の終りに述べた価値基準の仮説は、絶対的なものではない。港湾事

業に導入される利率もしくはデブプライシエーションは、その時点における社会の経済活動そのものから、むしろ定義されるべき性質のもので、元来港湾技術の問題ではない。効率のいちじるしく大きい港湾事業を積極的に行なうということを除いては、利率を下げることによつて港湾事業を促進させ、また上げることによつて、公共的な港湾事業への投資を緩慢にさせる。このことは、港湾技術の適用が技術者の手によつて自由に委ねられているようであるが、港湾技術者の主観によつて本来きめるべき問題ではないのである。このような概念を導入することが、港湾技術の適正な発展のために必要なのである。利率とかデブプライシエーションは、国民所得の増減とむしろ密接な関係がある。港湾技術適用の評価を港湾技術者の主観的な行為から市場評価に移行せしめたのは、評価の基準を設定することによつて複雑ないろいろの人間社会の要請を経済的に正しく評価することのできるのは、市場評価以外にないと考えたからである。このように、仮説的にも価値評価の基準を本論に主張したのは、港湾技術の目的ないしは、港湾技術者の行動の指標を、定性的ばかりでなく定量的に定めようとしたからにはかならない。

第三の特徴は、公共の福祉増進を目的とする多くの港湾事業は港湾法の趣旨からも、港湾管理者を始め、港湾建造物の管理主体の全く自由な意志のもとに無統制の競争によりその発展が期待されることを容認しながらも、国家的見地を強く要請している。それは港湾技術が国家管理のもとに使用されるべきとの意味を有するのではなく、それとは全く別な観点から主張されている。国民経済的見地からその所得が最大になるように、もしくは損失が最小となるように、港湾技術の積極的な適用が行なわれるべきとしたことである。このことは、式1-1, 1-2, 1-3の実際的な内容である。

第四の特徴は、前述したように人間社会の要請する「よりよい港湾」を港

湾技術者が自ら見出していく方法論を述べたことである。港湾技術を正しく適用して、真に人間・社会の有用な技術として発展させるためには、このような積極的な見解が必然的に必要となってくるし、港湾技術発展を積極的ならしめる原動力でもある。緒論でも強調したように、港湾技術は与えられたものでなく創造されるべきものである。

第五の特徴は、多くの未知事項が含まれるが、港湾技術者の行動は常に、港湾技術の目的意識から離れず、巨視的な態度から微視的な考察へという順序で行なわれることを主張した点である。合理性のみの追求は、科学者の多くがとる態度であり、技術者にとっては、合目的性の確認が優先する。合目的性の証明に合理性が要求されると見られる場合が多い。この場合、完全な合理性の説明がなされなくとも、なされ得ないということが明確にされたときには、むしろ許されるべきである。このことは次のところでさらに細かい注意が与えられる。

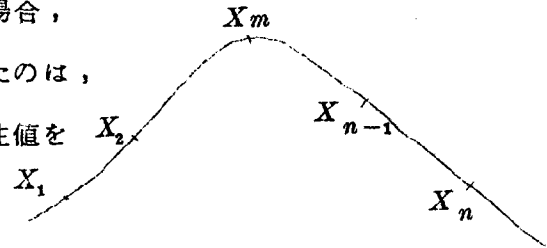
第六の特徴は、現象もしくは将来の事象の予測について、常にあるがままに動態的にとらえることを要請している。そのため静態的な統計値、すなわち平均値のようなものだけで、事象を決定的に認識する従来の方法は極力さけ、分散値・信頼限界を考慮に入れ、またさらに、時系列の問題として正しく取り扱う態度を推奨している。ある場合には、未知事項は、未知事項として取り扱うことを要請する。現象および将来の事象の予測にあたって、このような態度は事実にも最も則応したという配慮からでたものである。未知事項や複雑な事象に対したとき、目的に応じて、単純化を必要とする場合もある。第2編の最後の例は、問題を単純化することによつて、かえつて合目的な最適行動を解き得ている。このことは、現象および将来の事象の予測をなすに当つても、定式化を行なつたとき、式 1 - 2 3 で示したような形に目的関

数型が表示され、実際の解が極めて求めがたくなるからである。このような場合、数学もしくは推計学および問題の単純化と部分解決の手法が有用なのである。これらの手法は、現象をモデル化して考察したことになり、実際の現象とは相違する。解の吟味・管理を忘れずに行なわなければならないゆえんでもあり、またこの方法論が港湾技術の行動決定に、最終の最適解を与えるものではないという理由の一つでもある。

上述の考察は、明確な目的意識のもとで行なわれることを前提とするが、ここで大切なことは、問題の正しい捉え方である。本方法論では、この点の重要性に関して特に指摘している。港湾技術者の行動の指標の設定のしかた、すなわち式 1 - 2 3 で示される左辺の目的変数に何をもつてくるかが問題である。第五で述べたように、まず設定への順序が大切であるが、それも問題の本質をよく見極めるために必要な方法論の一つに過ぎない。きわめて特徴的なこれに関するもう一つの方法論は、つぎに述べられるものである。

第七の特徴は第六のところでも述べたように、港湾技術の諸問題を取り扱うのに定式化 (Formulation) の概念を導入していることである。現象の定式化・問題のモデル化という技法は、その解への過程に合理的な道筋を与えている。そのために港湾技術の諸問題を、有用ないくつかの問題の型に分類した。すでに理論的にも解が考究されている類型化されたモデルのパターンに、現実の港湾技術の諸問題を注意深く適用することによつて、またその類推過程を刻明に追求することによつて、いくつかの問題が解かれ、また残された問題に対し、新たにその解への技法が考究されていく。最適行動をとるために示された本論の手順は、方法論の体系化として第八の特徴を示す。一般的なモデル化された問題の追及の仕方は、下図に示したように、選び得る港湾技術者の行動方法の選択の問題として把握される。

技術者の行動の方法が  $n$  個ある場合、  
 $X_1$  を選ばないで、 $X_m$  を選択したのは、  
 $X_m$  が行動の目標として選んだ特性値を  
 満足するからに外ならない。



このことを数学的にいえば、式 1-  
 2 3 で表現される目的関数が、式 1-1

もしくは式 1-2, 1-3 を満足するともいえる。技術者の行動を決定する  
 方法論の趣旨は、定式化にその特徴を求めることができるが、その理由は、  
 このように行なりことによつて合理的な方法選択が行ない得るからにはかな  
 らない。しかし、現実と相違する誤差、式 1-2 3 で述べられている管理で  
 きない要因の存在を無視してはならないことはいうまでもない。このことが  
 解の評価もしくは解の管理に当つて特に注意しなければならない本方法論の  
 一つの特徴でもある。決定は、決定の権限と能力を有する人の人間的行為に  
 委ねている。またこのようなことが、オペレーショナルな問題や政治的な問  
 題にまで、本方法論による港湾技術の範囲が拡大され得ない要因である。

本方法論もしくは港湾技術に関するこのような限界について、正しい認識  
 が必要である。しかしこのような考え方は、港湾技術適用の科学化への第一  
 歩であり、従来のように経験と「カン」のみによる問題の解決が唯一の方策  
 であつたことから少なくとも脱皮しようという新しい方向であることは、疑  
 いのないところである。また、評価の可能性・状況変化の適応性・全体との  
 関連性など、測り知れない多くの知識と便利さを持つことができる。

第九の特徴は、方法論全体を通じて、港湾技術は生きものであることを主  
 張している。すなわち、人間社会に有用であることが港湾技術の唯一の存在  
 価値であり、抽象的な港湾技術の概念規定は、全く意義をなさないことを主

張している。H.G. Thuesenの称えた“Engineering is utilitarian”  
という言葉<sup>21)</sup>もここに至つて、よく理解される。したがつて港湾技術の存  
在範囲などは、あまり重要でない。そのことは、港湾技術者の個個人の良識  
を内容とする、よりよい組織力による行動の結果として、港湾技術の正当な  
評価がなされることを意味する。その方向に向うためには、特に指導的立場  
にある港湾技術者のそのような認識がまず必要である。その理由の一つは、  
港湾技術が広範囲の諸科学を背景に存在することにもよる。名演奏は、いく  
つかの異なつた楽器を奏する楽団員を管理統御する指揮者によつて行なわれ  
るように、バラバラの技術者の行為は、もはや現在の技術革新の世代におい  
ては、有用な結果を生ぜしめないからである。特に違つた科学の分野を専攻  
する人人の集合組織力が新しい港湾技術を生む源泉となるように思われる。

組織の中にあつてこのように本方法論が採用されるとき、注意しなければ  
ならない他の一つの事柄は、管理者による技術行動の決定と本方法論の結果  
とが一致しないことであり、これは上述した二つの理由だけでないことであ  
る。組織の長自らが本方法論によることを望んでも、別な理由でその結果に  
従わない場合がある。その一つは、その結果の実際への適用を困難（conf  
lict）と認める場合であり、他の一つは、管理者自体の防禦機構（Defe  
nce mechanism, Ego - defence）である。

人間は誰しも、ある一つの問題にぶつかつたとき、その処理の方法を考え  
抜き、一つ一つの解法への信念ともいうべき定石をもつ。経験というものが、  
これである。その経験の中に本方法論の結果が入り込めば、比較的容易に受  
け取られるが、それを超えたとき、何らかの抵抗が生じる。広い理解のもと  
で、理由のある否定という形で経験が行なわれるときは進歩的であるが、多  
くの場合、人間心理の作用によつて否定されることもある。身近なものによ

つて、否定されるという事実は、多くの人の経験するところである。また何らかの要因によつて、生活空間（Life space）の退行（Regression）によつて採用されないこともある。管理者に対する新しい技術の行動方針の提案は、この故に慎重に行なわれなければならないし、そこに一つの忘れてはならない大切な技術が存在する。

逆にいうと、管理者の認めない港湾技術への本方法論の適用は、組織における技術行動の決定が管理者の手の中にある限り、望むべくして望まれないことに特に留意する必要がある。このことは、組織の下に対しても見られる。ある最適行動の系が考えられ、決定されても、生産の行なわれる機構の中で、考えられたように受け入れないことがある。集団労働心理は、わが国のように他国に比し複雑な社会現象の下にあつては、特に注意しなければならない。このような心理学的な障害の除去自体は、組織を通じて港湾技術を発展させていく場合、如何なる場合にも考慮しなければならないことである。本方法論自体はこのような港湾技術における特殊の問題をも取り扱うことを主張しているのである。

以上述べた障害の存在を承認しつつも、なお、本方法論の有用性は損なわれない。それは本方法論の体系化の支柱となつている明確な合目的性の追求と合理的な行動の決定という港湾技術者の行為の過程そのものが、港湾技術を定義づけるものにはかならないからである。ここに本方法論の港湾技術の発展に関して作用する限界があり、このように港湾技術者の行為の問題としてのみ方法論を論じたところに第十の特徴を見出すことができる。

以上のように人間・社会にとつて有用なものとして港湾技術の存在意義を主張したのであるが、この体系はあたかも生活目的をもつた生きた人体になぞらえることもできるのである。Winer の唱えたサイバネティクス

(Cybernetics 34) の思想は注目に値する。合目的性は、合理性の追及以前の問題として高く評価される。また行動の能率化のためには、手足となる各機能における機械化が考慮されねばならない。計算機械の使用は、このために役立つばかりでなく、主観の排除に重要な役割を果す。また行動の評価に関しては、十二分の考慮が払われねばならない。本方法論においては、詳述することを避けたが、港湾技術の発展に関するもう一つの重要な項目がある。その考え方は、すでに品質管理・工程管理などの部門において取り上げられているフィードバック (Feed back) の思想である。すなわち、港湾技術者の行動の指標として取りあげられた線に行動の結果があらわれているかどうか、絶えず検査することによつて、効果を確認し、欠陥を見出し、これを補正するとともに、進んで新しい港湾技術者の行動の指標を設定して行く態度である。

この系では、生産行為の各過程がそれぞれの担当部門に正しく伝達されることが必要欠くべからざる条件であり、事務管理などを含む情報理論

(Information theory) は、人間の神経系統の作用と同様重要視されねばならない。前述した人間心理に関する研究に対応して、このような動的な組織行動に関する研究が、本方法論の意義をより実際的にならしめるものとして、今後取りあげられねばならないと思われる。最近の近代企業においては、最後に述べたような事項を総括して研究していこうとする傾向がある<sup>17)</sup>。

このように港湾技術の発展に関しては、港湾技術の生み出されていく母体、すなわち港湾技術者自体の問題もしくは対象となる人間およびその集団の問題というように、内面的なことから取りあげていかなければ、この種の研究は完全なものとはならないことを主張しつつ、本論では、港湾技術者の行為そのものを中心とした方法論をまず提案したものである。



## 参 考 文 献

和 文

- 1) 東 寿：“港湾計画論” P.1～4およびP.36 日本港湾協会 昭3 1.3
- 2) 港湾局 編：“港湾技術の確立について” 港湾技術要報 No. 1 7 昭3 2.6
- 3) 平山復二郎：“技 術” P.108～137 交通協力会 昭3 3.12
- 4) 長尾等ORC：“港湾技術とオペレーションズ・リサーチ”  
港湾技術要報 No. 20 P.1～76 昭3 3.5
- 長尾 義三：“港湾技術における社会研究” 港湾技術要報 No.20 P.77～125  
昭3 3.5
- 5) 石井 靖丸訳：“チェボタリオフの土質工学(上巻)” P.114～119 技報堂  
昭3 2.7
- 石井 靖丸：“軟弱地盤工法” P.137～139 技報堂 昭3 4.6
- 6) 中山伊知郎編：“統計学辞典” P.649 東洋経済新報社 昭2 6.12
- 北小増山共編 “新編統計数値表” 河出書房 昭2 7
- 7) 山 田 勇：“計量経済学の基本問題” P.35 中文館書店 昭2 4.3
- 8) 深尾・山崎・木村：“電力系統経済運用への動的計画法の応用”  
電気学会雑誌 昭3 4.2および5
- 9) 長尾 義三：“港湾工学のOR” P.35～57 土木学会関西支部「ORの土  
木工学への応用」 昭3 4.8
- 10) 森口 繁一：“線型計画法入門” 日本科学技術連盟 昭3 4.5
- 11) 鈴木 雅次：“港工学” 追補 P.81～91 風間書房 昭2 8.2  
P.616～618および
- 12) 山田 正平：“新潟港における収益と、その及ぼす影響について”  
(その他、富山港・伏木港についての調査資料)  
第一港湾建設局 昭3 2.3
- 13) 国弘 員人：“損益分岐新講” ダイヤモンド社 昭3 2.7
- 14) 国弘員人編：“設備投資の合理的方法” P.161 ダイヤモンド社 昭3 3.1

15) 河野 豊弘：“国定資産管理” 第4章 昭31

16) 山本 昌：“工場管理計画のたて方” 日刊工業

17) 日本生産性本部：“インダストリアルエンヂニヤリング (上・下)”

日本生産性本部 昭33.4

18) 島田 正三：“最適条件を求める統計的方法” 品質管理 1956 No.4  
P.219~226 ~5 P.293~298

19) 森口 繁一：“続山登りの話” 品質管理 1956・No.7 P.431~439

20) 神戸港工事事務所資料その他

(1) 吉川：コンクリートの品質管理について” 神資33.No.9No.16No.22

(2) 左成：“メタルホーム使用の効果” 神資33.No.15

(3) 吉川・中村：コンクリート運搬用ダンプカーの適正配車” 神資33.No.3

(4) 吉川：“大型グラフ浚渫船摂津号船団の運転実績調査” 神資34.No.5

(5) 顕木：“埋立土砂運搬の適性配車について” 神資34.No.8

(6) 中村：“神戸港における工事用自動車更新問題に関する一考察” 神資  
33.No.23

(7) 長尾：新しい港湾技術へのオムニバス” 日本港湾協会 港湾1960.5

#### 外国文献

21) H.G. Thusen：“Engineering Economy” P.31~51&P.565~568

Prntice-Hall, Inc. 1957

22) E.L. Grant：“Principles of Engineering Economy” N.Y.

The Ronald Press Co. Inc. 1938

23) T.H. Tharburn：“Rational Economic Planning by Harbour

Boad” XIX<sup>th</sup> The Inc. London 1957 see II Q. - I

24) P.M. Morse, G.E. Kimball：“Methods of Operations Reserch”

- John Wiley 1951 (邦訳 日科技連)
- 25) J.F.Mcclosky F.N.Trefethen : "Operations Reserch for Management" The John Hopskin Press 1954 (邦訳 同文館)
  - 26) Churchman, C.W.Arckoff, R.L.Arnoff, E.C. : "Introduction to Operations Reserch" John Wiley 1957 (邦訳 紀伊国屋書店 1958)
  - 27) M.Sesieni, A.Yaspan, L.Friedman : "Operations Reserch methods and problems" John Wiley & Sons Inc. 1959
  - 28) Andrew - Vazsonyi : "Scientific programming in Business and Industry" John Wiley 1959
  - 29) George Terborge : "Dynamic Equipment Policy" Mc Graw Hill Book Comp. 1949
  - 30) J.Dean : "Capital Budgeting" P 98~163 1959
  - 31) M A P I Replacement Manual Machinery & Allied Products Institute 1950
  - 32) J.Neumann, O.Morgenstern : "Theory of Games and Economics Behavies" Princeton 1944
  - 33) R.Bellman : "Dynamic Programming" Princeton 1957
  - 34) N.Winer : "Cybernetics" John Wiley 1947
  - 35) N.Th.Koomans : "Cost as a criterion of cargo handling method" XIXth I.N.C. London 1957 see II Q - I
  - 36) H.F.Brown : " What's the life of a Diesel ? Economic life of a locomotive can be predetermined " Railway age 1956 July No. 30

37) L.G.Peck & R.N.Hazelwood : " Finite Queuing Tables "

John Wiley Isons Inc. 1958

38) John A.Horn : " Computer Analysis of Slope Stability "

Journal of the Soil Mechanic and Foundation Division

A.S.C.E. June 1960 vol.86 P.1~17